

2021

Die Bilder repräsentieren die sechs Länder, in denen wir im letzten Jahr am meisten aktiv sein durften. Sie zeigen eindrucksvolle Aufnahmen, die trotz der spannenden Gegensätze wunderbar als grosses Ganzes harmonieren.

# Inhalt

<b>5</b>	Editorial
<b>8</b>	Europaweite Koordinierung und Planung
<b>14</b>	sma.software: Projektauswahl aus dem Jahr 2021
<b>18</b>	Schwerpunktthema Robustheit vs. Pünktlichkeit
<b>24</b>	Consulting: Projektauswahl aus dem Jahr 2021
<b>50</b>	Kommunikation
<b>51</b>	Kennzahlen
<b>52</b>	Impressum



# Editorial

Liebe Leserinnen und Leser

Aufgrund der Pandemie war das Jahr 2021 für viele unserer Kunden dem Jahr 2020 sehr ähnlich. Die damit einhergehende Unsicherheit über die zukünftigen Gewohnheiten der Nutzer von Verkehrssystemen, die Reisenden und Güterverkehrskunden, ist unvermeidlich. Trotzdem ist Stillstand bei der Verkehrswende angesichts der gegebenen Dringlichkeit keine Option.

Die unmittelbare Bedrohung der Welt ist und bleibt der Klimawandel. In Europa ist der Verkehr für ein Viertel der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Da 95% dieser Emissionen auf den Strassen-, Luft- und Seeverkehr entfallen, ist die Stärkung der Eisenbahn im intermodalen Wettbewerb einer der Schlüssel zur Herausforderung der Dekarbonisierung des Verkehrswesens.

Unser einleitender Artikel skizziert einen Weg zur Schaffung institutioneller Instrumente zur nachhaltigen Planung und Koordinierung der Bahnkapazität auf europäischer Ebene, die es ermöglichen, einen Teil der Herausforderungen im Kampf gegen die globale Erwärmung zu bewältigen.

SMA bemüht sich, alle institutionellen Akteure des Eisenbahnsystems – Behörden, Infrastrukturbetreiber, Eisenbahnunternehmen – bei der Etablierung von Methoden, Prozessen und Software-Tools, die in diese Richtung gehen, zu unterstützen.

Wieder einmal freuen wir uns, Ihnen die verschiedenen Aktivitäten und Projekte unserer beiden Bereiche Consulting und Software vorzustellen, die uns im vergangenen Jahr begleitet haben.

Wir wünschen Ihnen eine angenehme Lektüre unseres Geschäftsberichts für das Jahr 2021.



Eric Cosandey  
CEO, Bereichsleiter Consulting



Thomas Bickel  
Bereichsleiter Software





# Europaweite Koordinierung und Planung

**Die Klimakrise und die europäischen Ambitionen** Beginnen wir mit der von fast allen geteilten Feststellung, dass sich die Welt in einer Klimakrise befindet. Die Europäische Kommission hat dies sehr gut verstanden und den «European Green Deal» mit einem Fonds von 600 Milliarden Euro auf den Weg gebracht, um bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent zu werden. Diese Krise ist durch die Pandemie und den Krieg in der Ukraine etwas in den Hintergrund getreten, aber sie ist nicht weniger akut, ganz im Gegenteil. Ein Viertel der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Europa wird durch den Personen- und Güterverkehr verursacht. Damit liegt der Verkehr hinter der Strom- und Wärmeerzeugung (40%), aber vor der Industrieproduktion (20%). Das ist eine Tatsache! Eine weitere offensichtliche Tatsache ist, dass 95% dieser Verkehrsemissionen auf den Strassen-, Luft- und Seeverkehr zurückzuführen sind.

Ein Schlüssel zur Herausforderung der Dekarbonisierung des Verkehrs ist die Eisenbahn, ein sicheres, effizientes und weniger umweltschädliches Verkehrsmittel. Alle Mitglieds- und Nicht-Mitgliedsstaaten in Europa teilen die Ansicht, dass die Entwicklung, Erneuerung, Instandhaltung und der effektive Betrieb eines paneuropäischen Eisenbahnnetzes ein Eckpfeiler der Kohlendioxidneutralität ist.

Es laufen zahlreiche und vielfältige Initiativen. Darüber hinaus haben die Aktivitäten im Zusammenhang mit dem «Jahr der Schiene 2021» weitgehend zur politischen Sensibilisierung beigetragen. Die erklärten Ziele sind lobenswert: Verkehrsverlagerung, Digitalisierung, Automatisierung, multimodale Effizienz und vor allem Konnektivität.

Ein besonders ehrgeiziges Projekt, das dem Konnektivitätsziel entspricht, ist die Entwicklung des transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN-V). Nach der Definition der Europäischen Kommission besteht das TEN-V aus zwei «Schichten»: einem Kernnetz von Verbindungen zwischen den wichtigsten europäischen Knotenpunkten, das bis 2030 fertiggestellt und einem erweiterten, gesamteuropäischen Netz, das bis 2050 erstellt werden soll. Die Entwicklung des TEN-V wird von einem Aktionsplan für den Fern- und grenzüberschreitenden Schienenverkehr begleitet. Er enthält einen Fahrplan für weitere Massnahmen, um das Ziel der Europäischen Kommission zu erreichen, den Hochgeschwindigkeitsverkehr bis 2030 zu verdoppeln und bis 2050 zu verdreifachen.

Wie kann die Planung eines solchen Netzes im europäischen Geflecht der Institutionen umgesetzt und koordiniert werden? Wie lässt sich ein solches Planungsprojekt in die Realität der verschiedenen europäischen Eisenbahnpakete einfügen, insbesondere im Hinblick auf die Liberalisierung des internationalen Personenverkehrs?



**Planwirtschaft in der Marktwirtschaft** An dieser Stelle soll unterstrichen werden, dass die Koordinierung der Entwicklung von Netzen und Kapazitäten auf europäischer Ebene nicht im Widerspruch zu den Grundsätzen des Wettbewerbs in einem mehr oder weniger liberalisierten Rahmen für Eisenbahnverkehre steht.

Die Hypothese ist, dass eine dienstleistungsorientierte Infrastrukturplanungsmethodik einen sogenannten Trassenkatalog als Mittel zum Zweck verwenden sollte. Dieser Trassenkatalog könnte die Liberalisierung fördern und erleichtern. Der Verkauf von Zugtrassen aus diesem Trassenkatalog heraus, d.h. im Rahmen eines organisierten und ggf. optimierten Marktplatzes für Kapazitäten, könnte die Attraktivität grenzüberschreitender Verkehre sogar erhöhen. Er könnte also das Wettbewerbsverhalten begünstigen und positive Auswirkungen auf die gesamte Branche haben.

Zunächst muss man sich darüber im Klaren sein, was ein Trassenkatalog ist:

- ein vorgelagertes Modell der Netzkapazität
- eine Reihe von vorgefertigten Trassen, die den Bedürfnissen des Marktes entsprechen
- eine gemeinsame Plattform, auf der Schienenwegbetreiber und Eisenbahnverkehrsunternehmen bezüglich Kapazitäten und Trassen kommunizieren können, die den Erfordernissen des Marktes entsprechen

Darüber hinaus ist es der logische Schritt von der manuellen Konstruktion hin zu einer Industrialisierung im Trassenproduktionsprozess. Sie bringt die notwendige Informationstransparenz in den komplexen Planungsprozess zwischen Zugbetreibern und Infrastrukturunternehmen, die wiederum genutzt werden könnte, um die Strukturen und Regeln eines wettbewerbsorientierten Marktumfelds festzulegen.

Allerdings ist dies auch ein erster Meilenstein für zwei miteinander verbundene Prozesse:

- die aus dem Trassenkatalog hergeleitete Planung von Infrastruktur und Streckenausrüstung
- die Zuweisung von Kapazitäten aus diesem Trassenkatalog

Der erste Prozess erfordert in der Regel Arbeiten wie die Planung von Verkehrsangeboten (Relationen, Haltestellenmuster, Häufigkeit und Anschlüsse) und die Erstellung eines Fahrplankonzepts unter Berücksichtigung technischer Aspekte (Fahrzeuge, Infrastruktur und Streckenausrüstung wie Art des Signalsystems). Dieses Fahrplankonzept ist als Umsetzung des Angebotsplans zu betrachten, der den Mobilitätsbedürfnissen und der erwarteten Nachfrage auf gesamteuropäischer Ebene entspricht. Es trägt dazu bei, die funktionalen Anforderungen an die Infrastruktur und das Rollmaterial zu bestimmen und legt damit auch eine Entwicklungsstrategie einschliesslich ihrer Stufen fest.

Während der Fokus von Zugbetreibern auf der Optimierung des Einsatzes ihrer Ressourcen (Fahrzeuge und Personal) liegt, geht es den Behörden und Infrastrukturbetreibern darum, die komplexe Kombination des Kapazitätsbedarfs für verschiedene Verkehrsarten (internationaler Verkehr, Fernverkehr, Regionalverkehr, Nahverkehr und Güterverkehr) in einem breiteren Netz zu planen. In diesem Stadium kann es auch eine politische Entscheidung einer dem Infrastrukturbetreiber übergeordneten Stelle sein, eine bestimmte Kapazität für künftige, noch nicht vorhandene Verkehre zu reservieren. Vor diesem Hintergrund bringt der aus einem Kapazitätsnutzungsplan abgeleitete Trassenkatalog Transparenz für alle Beteiligten des Systems: Behörden, Infrastrukturbetreiber und potenzielle EVU.

Daher sollten die Betreiber der Infrastruktur Mindestanforderungen für Zugtrassen festlegen, z.B. hinsichtlich der Mindestgeschwindigkeit oder der Mindestanzahl von Trassen pro Tag oder Stunde. EVU, die nicht in der Lage sind, diese Anforderungen zu erfüllen, sollten keinen oder einen nicht vorrangigen Zugang zu diesen Zugtrassen erhalten, da dies der Gesamtkapazität des Systems abträglich wäre.

Während der zweite Schritt, die Kapazitätszuweisung, nicht Teil der Überlegungen dieses Aufsatzes ist, müssen in ihm die folgenden Fragen beantwortet werden: Wie können Prioritäten gesetzt werden? Wie legt man die Kriterien fest? Wie kann man Trassen schützen? Wie legt man die Preise fest? Auch hier kann die Vision eines Trassenkatalogs bei der Beantwortung dieser Fragen helfen.

**Wer könnte auf gesamteuropäischer Ebene zuständig sein?** In diesem Zusammenhang ist es daher Aufgabe der Infrastrukturbetreiber, die Anforderungen für die Zuweisung von Zugtrassen auf ihrem eigenen Netz festzulegen. Aber wer sollte eine vorgelagerte Netzentwicklung und Kapazitätsplanung auf gesamteuropäischer Ebene beaufsichtigen?

An dieser Stelle ist ein Blick auf die institutionellen Instrumente interessant, die für die Entwicklung des Schweizer Schienennetzes verwendet wurden. Sie könnten als Beispiel für eine gute Praxis für den gesamteuropäischen Rahmen angeführt werden (in kleinerem Massstab ist die schweizerische institutionelle Landschaft mit mehreren Behörden und Infrastrukturbetreibern nicht weniger zersplittert als die europäische):

Das Netznutzungskonzept (NNK) legt die geplante Kapazitätsauslastung über eine Modellstunde (auf gesamteuropäischer Ebene könnten es zwei Stunden sein) für alle Abschnitte des Eisenbahnnetzes fest. Ausgehend von einer Prognose der künftigen Verkehrsnachfrage wird darin die Aufteilung des Verkehrs zwischen Personen- und Güterverkehr für einen langfristigen Horizont von etwa 15 Jahren verbindlich festgelegt. Die Schweizer Regierung (Bundesrat) ist für die Genehmigung des NNK und dessen Aktualisierung zuständig.

In den Netznutzungsplänen (NNP) wird die Trassenplanung, bezogen auf die einzelnen Fahrplanjahre, minutiös in den sogenannten Trassenkatalogen festgelegt. Die NNP werden von den Infrastrukturbetreibern sechs Jahre vor dem jeweiligen Fahrplanjahr erstellt und bei Bedarf aktualisiert. Das Bundesamt für Verkehr (BAV) genehmigt die NNP auf Antrag der Infrastrukturbetreiber. Diese Pläne sind für die Infrastrukturbetreiber und die Behörden verbindlich und dienen als Grundlage für die nachgelagerte Trassenzuweisung.

Ähnliche institutionelle Instrumente werden z.B. auch in Deutschland und Frankreich mit dem sogenannten «Deutschlandtakt» bzw. dem von den Ministerien initiierten «Plan d'Exploitation Émergent» (PEE) eingesetzt, die einem NNK gleichgestellt werden können. Auch der Trassenkatalog, der derzeit bei DB Netz mit dem Projekt «mittelfristiges Konzept für eine optimierte Kapazitätsnutzung» (mKoK) entwickelt wird, ist hervorzuheben. In Frankreich gibt es ähnliche Ambitionen mit der kurzfristigeren Version der PEE namens «Plans d'Exploitation de Référence» (PER).

Könnte eine solche Koordinierungs- und Planungsstelle genügend Kompetenzen und Ressourcen erhalten, um solche institutionellen Prozesse und Instrumente auf gesamteuropäischer Ebene einzurichten? Sind die einzelnen nationalen Stakeholder (Ministerien, Behörden, EIU) bereit, die Übertragung einiger Kompetenzen an eine europäische Stelle zu akzeptieren, die für eine echte, netzweite Kapazitätsplanung im Vorfeld zuständig ist?

Es ist Aufgabe der Europäischen Kommission, diese Fragen zu beantworten und einen entsprechenden institutionellen Rahmen zu schaffen. Es ist eine politische Entscheidung, sich für die Einrichtung von Institutionen zu entscheiden, die auf die Herausforderungen einer solchen europaweiten Koordination und Planung reagieren. Dennoch helfen Institutionen, Prozesse und Instrumente bei der Lösung eines Problems. Aber sie lösen es nicht von selbst, sondern die dahinterstehende Methodik. Mit anderen Worten: ein vorgelagertes, europaweites NNK, das von einer europäischen, mit der entsprechenden Kompetenz ausgestatteten Behörde koordiniert wird und nachgelagerte NNP (Trassenkataloge), die unter der Aufsicht dieser Behörde von den jeweiligen Infrastrukturbetreibern abgeleitet werden. NNK und NNP sind jedoch kein Selbstzweck, sondern Mittel zum Zweck: eine dienstleistungsorientierte Methodik für eine nachhaltige Entwicklung und Koordinierung der Eisenbahnnetze auf gesamteuropäischer Ebene.





# sma.software: Projektauswahl aus dem Jahr 2021

**Zahlen und Fakten** Der Umsatz von sma.software setzt sich aus den drei Säulen Wartung, Projekte und Lizenzverkauf zusammen. 2021 konnten wir 15 Lizenzen von Viriato.Standard sowie je eine Unternehmenslizenz für Viriato.Enterprise und die ZLR verkaufen. Zusätzlich haben wir Lizenzen der Zusatzmodule Konflikterkennung (5 Lizenzen), Umlaufplanung (4), Baufahrplanung (3) sowie Reisezeitanalyse (2) verkaufen können. Hinzu kommt die Miete einzelner Lizenzen oder Zusatzmodule für kürzere Zeiträume. Geografisch fallen die Verkäufe zu je knapp einem Drittel auf die Märkte Deutschland, Belgien und Nordamerika. Weitere Einzelverkäufe gingen nach Frankreich, Australien und in die Schweiz. Das Verhältnis zwischen bestehenden Kunden, welche zusätzliche Lizenzen oder Module beschafften, und neuen Kunden beträgt 2:1.

Wie schon 2020 hat sich der Trend fortgesetzt, die Lizenzierung von Viriato über Hardware-Dongles durch eine Software-basierte Online-Lösung zu ersetzen. Haben Ende 2019 noch 85% der Kunden Hardware-Dongles eingesetzt, sind es unterdessen nur noch 50%. Gerade durch das vermehrte Arbeiten im Homeoffice können wir damit eine Lösung anbieten, welche zusätzliche Flexibilität ermöglicht.

Um unsere Kunden bestmöglich auf die Arbeit mit Viriato vorzubereiten, haben wir diverse Schulungen durchgeführt, welche individuell auf die Bedürfnisse und Arbeitsprozesse der einzelnen Kunden zugeschnitten sind. Wie bereits 2020 wurde der überwiegende Teil der Schulungen aufgrund der bestehenden Einschränkungen online durchgeführt.

Anzahl externe Schulungen	9 Schulungen
Sprachen	Deutsch, Französisch oder Englisch
Anzahl Schulungstage	20,5 Tage
Anzahl Teilnehmer	ca. 60 Teilnehmer

Wie schon in den letzten Jahren waren die Viriato-Entwicklungsprojekte auch im Berichtsjahr 2021 stark von den EVU im deutschsprachigen Raum dominiert. Zusammen mit den internen Projekten haben wir in 2021 1038 Stories (2020: 851, 2019: 619) im Rahmen unseres agilen Entwicklungsprozesses umgesetzt. Für die total 15 verschiedenen Kunden- und Produktversionen von Viriato wurden insgesamt 52 Releases ausgeliefert, was im Schnitt einer Lieferung pro Kalenderwoche entspricht.

**«Das Produkt am Leben halten»** Für eine Produktfirma wie SMA ist es entscheidend, die Produktentwicklung langfristig sicherzustellen. Deshalb ist es wichtig, neben funktionalen Produkterweiterungen auch ständig in die technologische und architektonische Modernisierung der Software zu investieren. Solche Arbeiten verhindern, dass die Software über die Zeit veraltet, minimieren technische Risiken und sorgen für eine positive und produktive Developer Experience (DX).

Ein typisches Beispiel ist die Umstellung von Viriato auf eine 64-bit Applikation, die wir im vergangenen Jahr umgesetzt haben. Bisher war Viriato lediglich als 32-bit Applikation verfügbar und bei seinem Ressourcenkonsum auf rund 2 GByte Hauptspeicher begrenzt. Diese Restriktionen gelten für eine 64-bit Applikation nicht mehr und so ist es jetzt z.B.

möglich, gleichzeitig mehrere grosse Bildfahrpläne zu bearbeiten. Im Rahmen dieser Umstellung haben wir zusätzlich ein modernes und sehr leistungsfähiges, filebasiertes Datenbank-System eingeführt und diverse Performance-Verbesserungen vorgenommen.

**TAP-TSI** Ein neues Zusatzmodul für Viriato.Enterprise bildet die Grundlage für eine Kommunikation zwischen EVU und EIU auf Basis der von der ERA entwickelten TAF/TAP-TSI Spezifikation. Das Modul beinhaltet die benötigten Datenstrukturen auf Ebene Zug und Infrastruktur, welche für die Anbindung einer Schnittstelle erforderlich sind. Für eine Demonstration und Diskussion zur Anbindung einer konkreten Implementation der Schnittstelle kontaktieren Sie uns. SMA beschäftigt sich seit mehreren Jahren ausführlich mit TAF/TAP-TSI und berät Sie gerne.

**Algorithm Platform / Zusammenarbeit mit der Forschung** Wir haben neue Partner für künftige Kooperationen gefunden, aber auch die Beziehungen zu bestehenden Partnern intensiviert. So unterstützten wir z.B. einen Studenten der ETH Lausanne in seiner Masterarbeit über Störungsmanagement. Weiter haben wir einen bereits in der wissenschaftlichen Literatur publizierten Algorithmus für die strategische, nachfrageorientierte Fahrplangestaltung implementiert. Damit soll demonstriert werden, wie einfach es ist, Forschung in die Praxis zu bringen, indem wir Algorithmen in unsere Software integrieren. Der Quellcode für diese Fallstudie ist auf GitHub (<https://github.com/sma-software/openviriato.algorithm-platform.showcase.spot>) öffentlich zugänglich und kann unseren Forschungspartnern als praktisches Beispiel dienen und ihnen aufzeigen, wie sie die Algorithmus-Schnittstelle für ihre eigene Arbeit nutzen können. Im Jahr 2021 unterstützten wir auch ein Berliner Unternehmen, das für seine Kunden Optimierungsalgorithmen entwickelt und eng mit Universitäten zu Themen von Operations Research im Eisenbahnwesen zusammenarbeitet. Es hat für seinen Kunden, einen grossen, europäischen Infrastrukturbetreiber, einen Pfadsuchalgorithmus mit unserer Algorithmen Plattform bereitgestellt.

**Robustheit** Die Entwicklung eines neuen Prototyps für die Robustheitsanalyse in Viriato erfuhr eine Fortsetzung. Er wurde im letzten Jahr erfolgreich in mehreren Beratungsprojekten eingesetzt. Der Prototyp verfügt über einen Mechanismus zum Austausch der verwendeten Dispositionsstrategie, so dass verschiedene Konzepte getestet werden können. Wir haben mit einer ersten Strategie begonnen, die eine Änderung von Strecken- und Bahnhofgleisen erlaubt, wenn die Züge auf im Netz geplante Sperrungen treffen. Dieser Prototyp kann auch für eine Monte-Carlo-Analyse verwendet werden, bei der verschiedene KPIs erzeugt werden, die dem Benutzer eine Beurteilung der Robustheit der zu untersuchenden Fahrpläne erlauben. Im Berichtsjahr haben wir einen neuen Innovationsmanager bei SMA eingestellt, der das Projekt zur Entwicklung einer produktiven Version dieses Tools als Viriato-Modul leitet, das auf den Erkenntnissen aus den im Prototyp entwickelten Konzepten basiert.

**Microscopy on Demand (MoD)** Die Weiterentwicklungen am Microscopy on Demand Modul (MoD) standen ganz im Zeichen eines umfangreichen Einsatzes innerhalb eines Beratungsprojektes für einen Infrastrukturbetreiber. Dabei haben wir zahlreiche Performance-Verbesserungen umgesetzt und in die Stabilität und die Mächtigkeit des Verfahrens investiert. So ist es nun z.B. möglich, im makroskopischen System ohne Zusatzaufwand betriebliche Halte zu definieren und diese mikroskopisch zu berücksichtigen. Eine weitere, wichtige Erweiterung bestand darin, die mikroskopische Konflikterkennung zusätzlich zum Bildfahrplan auch in der Gleisbelegung zur Verfügung zu stellen.

Die erfolgreiche Verwendung von MoD für die Erstellung eines mikroskopisch geprüften, landesweiten Fahrplans in kürzester Zeit hat gezeigt, dass sich mit MoD die versprochenen Produktivitätsgewinne erzielen lassen. Über diesen Anwendungsfall hinaus sehen wir zusätzlich ein grosses Potential von MoD in der fahrplanbasierten Netzentwicklung. In diesem Anwendungsfall liegt nicht die gesamte Infrastruktur mikroskopisch vor. Neue Infrastrukturmassnahmen werden im makroskopischen System aus dem Fahrplan abgeleitet. Existierende oder wo nötig künftige Engpässe lassen sich weiterhin mikroskopisch prüfen. Diese hybride Verwendung von makroskopischer und mikroskopischer Infrastruktur ist nur mit einer Architektur möglich, die beide Modelle vereint: Microscopy on Demand.

## VIRIATO FEATURE HIGHLIGHTS

**Effiziente Erstellung von Alternativfahrplänen** Eisenbahnverkehrsunternehmen sehen sich zunehmend mit der Aufgabe konfrontiert, alternative Fahrpläne zu erstellen. Die Notwendigkeit einer kurzfristigen strukturellen Anpassung des Verkehrsangebots ergibt sich aus plötzlichen Änderungen der Nachfragestrukturen oder aus der Begrenzung der verfügbaren Ressourcen aufgrund betrieblicher Probleme. In einem solchen Kontext hilft die effiziente Gestaltung und Erstellung von alternativen Fahrplänen den Dienstleistern, ihre Pläne rechtzeitig neu auszurichten.

Im vergangenen Jahr haben wir in Viriato ein Funktionspaket implementiert, das Fahrplanplaner bei der effizienten Erstellung von Alternativfahrplänen unterstützt. Da diese alternativen Fahrpläne selten von Grund auf neu erstellt werden, sondern auf bestehenden Plänen aufbauen, haben wir Mengenfunktionen hinzugefügt, um die Betriebsmuster anzupassen und die Trassen- und Fahrplandetails von einem Referenztag eines gegebenen Fahrplans in die Betriebsperioden eines neuen Fahrplans zu kopieren. Diese Mengenfunktionen ermöglichen es den Benutzern, neue Fahrpläne zu erstellen, ohne sich um jeden einzelnen Zug kümmern zu müssen. Um die Qualität der Ergebnisse dieser Operationen sicherzustellen, haben wir auch die Möglichkeit hinzugefügt, zwei verschiedene Fahrpläne systematisch zu vergleichen.

Diese neuen Funktionen bieten unseren Kunden eine wesentliche Hilfe bei der Erstellung von Alternativfahrplänen und haben sich z.B. bei den erheblichen Änderungen des Leistungsniveaus aufgrund von Regelungen, die viele Mitarbeiter zur Heimarbeit zwingen, als nützlich erwiesen.



**Baufahrplanung** In diesem Jahr haben wir das Modul Baufahrplanung in Viriato weiterentwickelt, um die Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen. Dieses Zusatzmodul ist ein wichtiges Instrument, das Fahrplanplanern, ob Infrastrukturmanagern oder Zugbetreibern, hilft, die Auswirkungen auf ihren Zugverkehr zu verstehen und ihre Pläne anzupassen, um effiziente Fahrpläne zu erhalten.

Beim Umgang mit Streckensperrungen und -einschränkungen ist es wichtig, die Auswirkungen nicht nur zu visualisieren, sondern auch sicherzustellen, dass die Folgen realistisch modelliert werden.

Ein wichtiger Schritt bestand darin, eine zusätzliche Art von Beschränkung hinzuzufügen. Bisher wurden temporäre Geschwindigkeitseinschränkungen als Fahrzeitzuschlag modelliert, der den Zügen auferlegt wurde. Viriato kann nun auch Geschwindigkeitseinschränkungen für Bauarbeiten einbeziehen, die von der Fahrzeitberechnung berücksichtigt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass ein genauer Zeitverlust aufgrund der Beschränkung berechnet werden kann und die Züge überprüft werden können. So lässt sich sicherstellen, dass sie über genügend Reservezeit verfügen, um die entstandene Verspätung wieder aufzuholen.

In der Netzansicht wurde die Visualisierung von Bauarbeiten verbessert, so dass die Lage von Einschränkungen (auch gefiltert nach Datum) oder Konflikte zwischen Zügen und Bauarbeiten angezeigt werden können und die einzelnen Elemente zur Bearbeitung oder Überprüfung geöffnet werden können.

**Mengenfunktionen** Insbesondere wenn der Plan komplexer wird und möglicherweise mehrere parallel erstellte Szenarien umfasst, ist eine wichtige Funktion der Fahrplanarbeit die Möglichkeit, Änderungen an mehreren Zügen oder anderen Objekten gleichzeitig vorzunehmen. Um diesen Arbeitsablauf zu verbessern, haben wir viele neue oder verbesserte Mengenfunktionen zu Viriato hinzugefügt. In den Viriato-Zügen selbst umfassen die wichtigsten Mengenfunktionen die Möglichkeit, die Gültigkeit für eine Gruppe von Zügen zu aktualisieren oder die Züge innerhalb einer Familie nach einem bestimmten Muster zu ändern. Dies sind komplexe Operationen, insbesondere in Viriato Enterprise, wo die zugrundeliegende ursprüngliche Gültigkeit erhebliche Abweichungen enthalten kann, die verwaltet werden müssen.

Eine weitere wichtige Ergänzung ist die Möglichkeit, die geplante Konfigurationsinformationen für eine Zugmenge zu ändern, z.B. wenn eine neue Flotte eingeführt wird und aktualisierte Fahrzeitberechnungen erforderlich sind.

Bei der Arbeit mit der Infrastruktur, insbesondere bei der Konflikterkennung oder bei algorithmischen Aufgaben, ist es wichtig, die Zahl der Gleise innerhalb eines Knotens festzulegen. Eine neue Mengenfunktion ermöglicht dies für mehrere Knoten, so dass der Benutzer die Bahnhöfe schnell aktualisieren kann, um die für die Modellierung des Betriebs auf technischer Ebene erforderlichen Basisinformationen zu erhalten. Innerhalb des Moduls Baufahrplanung haben wir eine Mengenfunktion hinzugefügt, die es ermöglicht, Einschränkungen zu zusammenhängenden Baustellen zu gruppieren, was es einfacher macht, die Beziehung zwischen einzelnen Einschränkungen zu verstehen.

# Schwerpunktthema

## Robustheit vs. Pünktlichkeit

**Pünktlichkeit und Robustheit, Betrieb und Planung** Die gemessene Pünktlichkeit im Betrieb ist für die Eisenbahn der wichtigste und meistbeachtete Kennwert. Ursächlich wird er massgeblich beeinflusst durch die Faktoren Betriebsqualität, Robustheit des Fahrplans und der Qualität der Disposition in den Betriebszentralen.

Unter Betriebsqualität verstehen wir hier grob den Kehrwert zur Anzahl Störungen pro Zeiteinheit in einem fixen Perimeter. Robustheit soll die Fähigkeit des Fahrplans bezeichnen, den Einfluss von Störungen zu absorbieren und in den ungestörten Zustand zurückzukehren. Die Qualität der Disposition ist gegeben durch die Betriebsregeln und wird gemessen an der Fähigkeit, den Betrieb möglichst nahe am ungestörten Plan durchzuführen.

Unter einer Robustheitsanalyse soll an dieser Stelle ein Verfahren bezeichnet werden, welches aufgrund einer Modellierung der Betriebsqualität, der Fahrplanrobustheit und der Disposition eine Voraussage über den Beitrag eines Fahrplans auf die zukünftige Pünktlichkeit des Betriebs machen kann. Wahlweise kann auch die Frage der benötigten Zeit zur Rückkehr in den ungestörten Betrieb im Zentrum stehen.

Typischerweise wird die Betriebsqualität in einer Robustheitsanalyse durch die zufällige Ziehung von Ereignissen aus einer Kollektion von gemessenen statistischen Daten modelliert, die dann als Primärverspätungen auf den Fahrplan angewendet werden.

Für die Ermittlung der Robustheit, also des Ausmasses der Fortpflanzung der Primärverspätungen über Raum und Zeit, werden meist entweder eine synchrone Simulation oder ein semi-analytischer Ansatz mittels stochastischer Simulation gewählt.

Die Qualität der Disposition wird in der Regel ad hoc betrachtet und ihre Modellierung ist häufig aufgrund der Komplexität der realen Betriebsregeln und der Heterogenität der im Betrieb eingesetzten Techniken eher eine Kunst als eine Wissenschaft.

**Wie würden wir es machen** Im Zentrum unseres Ansatzes steht das Bedürfnis des Planers, ein zeitnahes Feedback zur Auswirkung seiner Entscheidungen bezüglich Robustheit des Fahrplans zu erhalten. Hierbei fokussieren wir auf Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Auswirkungen, weshalb wir uns für eine synchrone Simulation und gegen ein analytisches Verfahren entschieden haben.

Um eine Robustheitsanalyse zu implementieren, ist die Durchführung einer signifikanten Anzahl von Simulationsruns mittels eines Monte-Carlo-Verfahrens anhand der Verteilungen der Primärverspätungen unumgänglich. Deshalb investieren wir von Anfang an in eine möglichst hohe Performance des Verfahrens, u.A. durch konsequente Parallelisierung der Berechnungen.

Der Ansatz zur synchronen Simulation hat für den Planer darüber hinaus noch den Vorteil, dass die Simulation einzelner Störungen, also Primärverspätungen, das Verständnis für die Art und Weise der Verspätungsausbreitung im konkreten Fall massiv verbessern kann.

Auf der Architekturseite verlassen wir uns für die Fahrzeitrechnung, die Konflikterkennung und den Simulationskern auf eine konsequent Service-orientierte Implementierung auf der Basis des Viriato Konfliktmodells. Die Anbindung der Dispositionsstrategie erfolgt über die Viriato Algorithmen-Plattform. Dies ermöglicht einerseits eine optimale Austauschbarkeit der Strategie und andererseits den Einbezug von interessierten Dritten für eine unabhängige Implementierung, gemäss unserem etablierten Prozess und Modell zur offenen Zusammenarbeit #openviriato.

Die Durchführung von vielen Simulationsruns liefert zunächst statistisch relevante, simulierte Verspätungszeiten, darüber hinaus aber auch einen reichen Fundus an zusätzlichen Daten über betriebliche Details, die im Laufe der Simulation zutage getreten sind. Wir wollen auf diese Daten standardisierte Methoden zur Datenanalyse anwenden, um strukturelle Ursachen einer allfällig unzureichenden Robustheit des Fahrplans transparent zu machen.

**Im Planungsprozess verankert** Prozessual sind grundsätzlich zwei unterschiedliche Anwendungen der Robustheitsanalyse zu unterscheiden. Erstens steht die finale Überprüfung eines Fahrplans im Sinne einer Testierung zum Abschluss des Prozessschritts im Fokus. In diesem Fall besteht stillschweigend die Annahme, dass der Fahrplan robust ist und ein Feedback an den Planer zwecks iterativer Anpassungen nicht notwendig ist. Auch besteht in diesem Fall, immer die schon bestehende Robustheit des Fahrplans vorausgesetzt, keine zwingende Notwendigkeit, die Mechanik der Robustheit transparent zu machen.

Der zweite Fall, der für uns von Interesse ist, besteht in einer möglichst nahtlosen Integration im Planungstool mit dem Ziel, dem Planer bedarfsgerecht während des Fahrplan-konstruktionsprozesses Feedback über die Änderungen der Robustheit durch planerische Massnahmen zu vermitteln. In diesem Fall ist es zentral, dies transparent zu tun, um den Planer in die Lage zu versetzen, zielgerichtet Robustheitsverbesserungen vorzunehmen.

Eine Bedingung für diese Art der Integration ist eine ausreichende Performance bei der Durchführung der Simulationsruns. Durch geeignete Parallelisierung kann dies durch eine Skalierung der Hardware stets erreicht werden.

Eine weitere Bedingung ist die Pflege der benötigten Fahrzeitrechner- und Konflikterkennungsdaten schon während des Konstruktionsprozesses. Das eher leichtgewichtige Modell von Viriato kommt dem Planer hier zu Hilfe.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Fähigkeit des Modells, mit lokal unvollständigen Daten technisch umgehen zu können. Es liegt im Kern der Philosophie von Viriato, dem Planer diese Verantwortung zu überlassen. Dank der Transparenz des dargestellten Robustheitsverfahrens kann der Planer dennoch entscheiden, ob die erzielten Resultate fachlich sinnvoll sind.

Durch diese Eigenschaft des Modells kann der Einsatz der Robustheitsanalyse schon früh im konzeptionellen Planungsprozess ermöglicht werden. Dies ist im Sinne eines durchgängigen Planungsprozesses essenziell, da andernfalls, bei der Übergabe an nachgelagerte Prozessschritte, Mängel in der Robustheit des Fahrplans allenfalls zu spät erkannt werden.

**Der Planer denkt, der Disponent lenkt** Der Einfluss der Disposition auf die Pünktlichkeit ist sehr gross. Die Entscheidungen der Disponenten und die Informationen, die ihnen dafür zur Verfügung stehen, dienen der Steuerung des Betriebs zur Einhaltung des Fahrplans und somit direkt der Pünktlichkeit.

Aus diesem Grund räumen wir der Konfigurierbarkeit der Disposition in unserem Modell den grösstmöglichen Raum ein, weshalb die Disposition in einen vollkommen getrennten Algorithmus ausgelagert und über die Viriato Algorithmen Plattform angebunden wird. Auf diesem Weg erhält die Disposition dann Zugriff auf die zentralen Services und kommuniziert Dispositionsentscheidungen an Viriato.

Dieser Ansatz erlaubt es, verschiedene Dispositionsstrategien zu untersuchen, zu vergleichen und deren Auswirkungen auf die Pünktlichkeit vorauszusagen. Weiter erlaubt es dieser Ansatz, interessierten Dritten entweder mit SMA zusammen oder auch ganz unabhängig solche Dispositionsstrategien zu entwickeln, an Viriato anzubinden und deren Verhalten zu untersuchen.

Seit fast zwei Jahren befindet sich nun ein Prototyp in Betrieb, den SMA in verschiedenen Projekten in der Schweiz, Belgien, Frankreich und Ungarn eingesetzt hat und weiter einsetzt. Das Feedback der Benutzer hilft uns natürlich sehr, dieses neue Zusatzmodul zielgerichtet für deren Bedürfnisse weiterzuentwickeln. Unsere Kunden schätzen die Transparenz und die Nachvollziehbarkeit der Resultate sehr und waren in der Lage, einige sehr spannende, fachliche Fragen zu beantworten.

2022 werden wir unsere Anstrengungen ganz auf die Produkt-Implementation legen, um dieses vielversprechende Verfahren der Robustheitsanalyse allen interessierten Viriato-Kunden zur Verfügung stellen zu können.

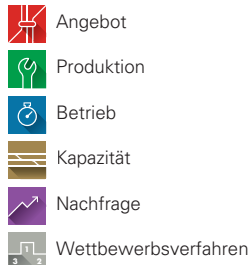






# Consulting: Projektauswahl aus dem Jahr 2021

## Unsere Geschäftsfelder



## ÖSTERREICH



**Bundesland Tirol: Angebotskonzept Tirol 2030+** Das Bundesland Tirol weist bereits heute ein sehr gutes Angebot im Schienenpersonenverkehr (SPV) auf. Aufgrund der stetig wachsenden Nachfrage soll für den Zeithorizont 2030+ das Angebot im Nahverkehr weiter ausgebaut werden. Ziel der Studie war es, für die Zeit des nächsten Verkehrsdienstvertrages und nach Fertigstellung wichtiger Infrastrukturmassnahmen, wie beispielsweise dem Brenner-Basistunnel, verschiedene Angebotskonzepte für den SPV im Land Tirol zu entwickeln. Dabei sind die vom Land gewünschten Angebotsverbesserungen und -ausweitungen berücksichtigt worden. Dazu gehören beispielsweise der Viertelstundentakt von Innsbruck nach Kranebitten, die Verdichtung des REX sowohl in Richtung Landeck als auch in Richtung Kufstein und die Errichtung von neuen Haltestellen.

Mit der Inbetriebnahme des Brenner-Basistunnels ergibt sich auch eine deutliche Verbesserung der Anbindung von Osttirol an die Landeshauptstadt Innsbruck. Die erarbeiteten Varianten haben wir hinsichtlich betrieblicher und verkehrlicher Kriterien bewertet. Der Güterverkehr wurde in der Studie ebenfalls betrachtet. Zudem erfolgte eine Abstimmung mit den Nachbarländern.



**ÖBB Infrastruktur: Zielnetz 2040 – Güterverkehr, Stakeholdermanagement und Challenging Systemtrassen Güterverkehr** Die landesweiten Ausbauplanungen für das Streckennetz in Österreich erfolgen fahrplanbasiert. Das Vorgehen der fahrplanbasierten Infrastrukturableitung wird in Österreich bei den aktuellen Planungen zum Zielnetz 2040 angewendet. Auf Basis von Angebotskonzepten für den Schienenpersonenverkehr und Systemtrassen für den Güterverkehr werden die erforderlichen Infrastrukturmassnahmen hinsichtlich Fahrzeitverkürzungen oder Engpassauflösungen ermittelt. Das Vorgehen lehnt sich dabei an das Vorgehen an, das bei der langfristigen Netzgestaltung in der Schweiz oder in Deutschland bei den Planungen zum Deutschlandtakt mit Erfolg angewendet wird.

Um das Vorgehen in Österreich und die damit verbundenen Planungen durch einen unabhängigen Gutachter zu überprüfen, hat SMA als Sachverständiger die Aufgabe, das konkrete Prozedere anhand von Best-Practice-Vergleichen mit den Nachbarländern Schweiz und Deutschland zu validieren und die Stakeholder auf einen konsensorientierten Weg zu bringen. Kern der Arbeiten ist der Abgleich der Prognose für den Güterverkehr, so dass das Mengengerüst für den Zukunftshorizont richtig abgebildet wird. Zudem wird der Ansatz



von Systemtrassen hinsichtlich der unterstellten Musterzüge und der Planungsumsetzung auf den drei Schwerpunktkorridoren des Güterverkehrs hinterfragt.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen eine hohe Kohärenz mit anderen Langfristplanungen in komplexen Netzen. Die Stakeholder erhalten damit einen sehr transparenten Einblick in die Planungen des Güterverkehrs und können die angemessene Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse erkennen.

Die Arbeiten werden 2022 fortgesetzt.

## BELGIEN



**Provinz Noord-Brabant: Verbesserung der internationalen Eisenbahnverbindungen zwischen Noord-Brabant und Belgien** Die grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehre zwischen den Niederlanden und Belgien konzentrieren sich stark auf den Korridor Randstad (NL)–Brüssel (B). Durch den weiteren Ausbau dieser Bahnverkehre könnte sich dank einer Diversifizierung und neuer Zubringerverkehre zu Hochgeschwindigkeitsknotenpunkten wie Brüssel ein grösserer regionaler Nutzen einstellen. Die Provinz Noord-Brabant möchte die bestehende Bahnverbindung zwischen Breda und Brüssel sichern und künftige Entwicklungen wie einen neuen Direktzug zwischen Eindhoven und Brüssel prüfen.

Um das Potenzial neuer oder anderer internationaler Bahnangebote zu bewerten, hat die Provinz Noord-Brabant SMA gebeten, einen informellen Austausch mit den wichtigsten Akteuren des Eisenbahnsektors beidseits der Grenze zu organisieren. Auf der Grundlage dieses Austauschs und der bekannten langfristigen Entwicklungen in den Niederlanden und in Belgien schlug SMA mehrere Varianten für vielversprechende Angebotsentwicklungen vor.

Diese Varianten wurden anschliessend auf qualitativer Ebene anhand verschiedener Kriterien (wie Angebotsqualität, Fahrplanintegration, Betriebskosten, betriebliche Zwänge, Kohärenz mit der nationalen Planung) bewertet. Daraus konnte als vielversprechendste Variante eine direkte Verbindung zwischen Eindhoven und Brüssel identifiziert werden.

SMA hat die vielversprechendste Variante zu einem Angebotskonzept mit einer Integration in das niederländische und belgische Schienennetz entwickelt, was eine Bewertung auf quantitativer Ebene und die Ermittlung der spezifischen Einschränkungen und des Nachfragepotenzials ermöglichte. Abschliessend wurde ein möglicher Fahrplan für die schrittweise Entwicklung des internationalen Zugverkehrs skizziert. Die Studie ermöglichte auch die Ermittlung von Abhängigkeiten von den nationalen Entwicklungen, insbesondere in den Niederlanden, und kann der Provinz als Grundlage für den weiteren Austausch mit ihren Interessengruppen dienen.



**Infrabel: Fahrplanarchitektur** Die Eisenbahninfrastruktur zeichnet sich insbesondere durch lange Vorlaufzeiten für Erneuerungs- und Erweiterungsprojekte und -investitionen aus, die daher 10 bis 20 Jahre im Voraus festgelegt werden müssen. Deshalb ist eine langfristige, stabile und rechtzeitig erstellte Vision erforderlich, um Änderungen im Zusammenhang mit den Angebotskonzepten und den sich daraus ergebenden möglichen Investitionsbedarf besser antizipieren zu können.

In diesem Zusammenhang führt Infrabel im Rahmen eines Programms mit der Bezeichnung «Netzarchitektur» Studien zur Definition der bedarfsgerechten, infrastrukturellen Entwicklung des Schienennetzes durch.

SMA begleitete Infrabel bei der Definition und Bewertung mehrerer Szenarien, die sich in ihrer Angebotsstruktur unterschieden. Die Angebotsziele (in Bezug auf das Trassenvolumen) wurden auf der Grundlage der prognostizierten Marktentwicklung und der nationalen Zielsetzungen festgelegt.

Die Bewertung der drei Szenarien hinsichtlich der Angebotsqualität erfolgte auf der Grundlage verschiedener Schlüsselindikatoren. Bei der Analyse der Ergebnisse wurden die Elemente hervorgehoben, die sich von einem Szenario zum anderen deutlich unterscheiden, und die Elemente identifiziert, die von der Angebotsstruktur unabhängig sind.

Abschliessend haben wir eine Expertenbewertung durchgeführt, um festzustellen, ob neue Technologien wie ETCS, ATO oder neue Verkehrsmanagementlösungen die erforderlichen Infrastrukturinvestitionen verringern würden. Diese Analyse führte zu sehr differenzierten Ergebnissen zwischen den einzelnen Szenarien und kam zu dem Schluss, dass bestimmte Angebotsstrukturen stärker von diesen Technologien profitieren als andere.



**Infrabel: Gutachten zur Leistungsfähigkeit für die Umgehungsstrecken östlich und westlich von Brüssel** Die steigende Nachfrage nach Zugtrassen durch Brüssel zwischen den Bahnhöfen Brüssel-Nord und Brüssel-Süd (über die Nord-Süd-Verbindung) erfordert Lösungen zur Erhöhung der Kapazität und die Nutzung anderer Routen durch Brüssel angesichts der bereits heute festgestellten Überlastungen. Die beiden Umgehungsstrecken im Osten (Linie 26) und im Westen (Linie 28) wären in der Lage, mehr Züge aufzunehmen.

Die von Infrabel in Auftrag gegebene Kapazitätsstudie hatte zum Ziel, eine Bestandsaufnahme der aktuellen Situation zu erstellen, Lösungen zu identifizieren und eine Reihe von Massnahmen zur Optimierung und Erhöhung der Leistungsfähigkeit zu definieren.

Die Studie ermöglichte es, anhand verschiedener Szenarien nicht nur infrastrukturelle Massnahmen zur Erhöhung der Kapazität zu identifizieren, sondern auch die Auswirkungen der Entwicklung von ETCS und ATO sowie einer alternativen Organisation des Verkehrs auf die verfügbare Leistungsfähigkeit aufzuzeigen.

Trotz der Unterschiede in der erreichbaren Kapazität liessen sich in den verschiedenen Szenarien unabhängig von der endgültigen Angebotsstruktur vorteilhafte Infrastrukturmassnahmen identifizieren. Diese Massnahmen wurden anschliessend von einem Partner hinsichtlich ihrer städtebaulichen und finanziellen Auswirkungen bewertet.

Schliesslich wurden in einem Etappierungsszenario die Bedingungen für eine kurzfristige Kapazitätserhöhung ohne grössere Investitionen in die Infrastruktur ermittelt. Diese Massnahmen sind hauptsächlich mit Anpassungen der Angebotsstruktur sowohl bei den Güterverkehrs- als auch bei den Personenverkehrstrassen verbunden.



**Infrabel: Infrastrukturbedarf im Hafen von Antwerpen** Der Hafen von Antwerpen hat sich hohe Ziele für die Entwicklung des Schienenverkehrs gesetzt. Im Rahmen eines Memorandum of Cooperation zwischen dem Hafen Antwerpen, RailPort und Infrabel wurde eine Zukunftsvision mit Entwicklungsgrundsätzen und Orten für Investitionen in das Schienennetz des Hafens festgelegt. Diese Vision basiert unter anderem auf einer Verdoppelung des Anteils der Schiene im Containerverkehr bis 2030.

Infrabel beauftragte SMA mit der Begutachtung der verschiedenen Investitionen durch eine Top-Down-Analyse, die von den Zielen der Nachfrageentwicklung ausging und die wichtigsten, langfristigen Engpässe im Hafen identifizierte. Mithilfe eines strategischen Planungsansatzes resultierte aus der Studie ein Zielkonzept für den Betrieb, das mit den Zielen übereinstimmte und die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Investitionsprojekten aufzeigte.

Die Planung des Eisenbahnsystems im Umfeld eines Hafens berücksichtigte die grossen Schwankungen der Nachfrage nach Güterzügen sowie deren Bedarf an Flexibilität. Die Planungshypothesen stützten sich daher auf probabilistische Analysen von Konfliktsituationen, die auf den Zugverkehrsdaten mehrerer Jahre basierten.

Die Netzdimensionierung ermöglichte es schliesslich, die zur Behebung der Engpässe erforderlichen Investitionen zu identifizieren und damit auch die verschiedenen, bereits von Infrabel und dem Hafen Antwerpen identifizierten Schieneninfrastrukturprojekte zu validieren oder zu verfeinern.



**SPF Mobilité et Transport belge: Untersuchung der Bedingungen für die Substitution des Flugangebots durch ein Bahnangebot** Der Föderale Öffentliche Dienst (SPF) Mobilité und Transport der belgischen Regierung wollte die Bedingungen für eine Verlagerung des internationalen Flugangebots von den belgischen Flughäfen auf die Schiene analysieren. Diese Studie ist Teil der belgischen Politik zur Dekarbonisierung des Verkehrs. In der Studie wurden die Stärken und Schwächen der derzeitigen Angebote der beiden Verkehrsträger zu ausgewählten europäischen Zielen herausgearbeitet. Ihre Auswahl erfolgte aufgrund des Umfangs ihres Verkehrs mit Belgien und ihrer Positionierung auf einem für den Schienenverkehr attraktiven Markt. Die Analyse umfasste sowohl Tages- als auch Nachtverbindungen auf der Schiene.

Auf der Grundlage von Verkehrsdaten und eines mit einem spezialisierten Partner entwickelten Modells wurden mehrere Szenarien für die Entwicklung des Bahnangebots erstellt. Diese haben bereits eingeleitete Massnahmen (grosse Infrastrukturprojekte, angekündigte Neukonzeptionen des Bahnangebots, insbesondere in Deutschland) berücksichtigt und deren Auswirkungen auf den Modal Split liessen sich quantifizieren. Die Studie erlaubt damit ein Aufzeigen der Wichtigkeit des rechtlichen Rahmens, in dem sich die verschiedenen Verkehrsträger bewegen, aber auch die Möglichkeiten einer besseren Integration der internationalen Fahrpläne zur Förderung attraktiverer Verbindungen auf der Schiene.

## SCHWEIZ



**SBB Infrastruktur: Konfiguration Knoten Basel** Die SBB hat im Auftrag des Bundes die Grundlagen erarbeitet, welches Bahnangebot und welche Infrastrukturen langfristig im Bahnknoten Basel notwendig sind. SMA hat diese Arbeiten unter anderem im Rahmen der fahrplanstrukturellen Testplanung unterstützt. Bei diesem Verfahren werden verschiedene Fahrplanstrukturen für das angestrebte Mengengerüst und unter Berücksichtigung der Qualitätsziele (Vertaktung, Fahrzeit) ausgeplant und die dafür erforderliche Infrastruktur bestimmt. Die Fahrplanstrukturen unterscheiden sich dabei bezüglich der Knotenbildung oder der gegenseitigen, relativen zeitlichen Lage der unterschiedlichen Linien. Damit lässt sich unter anderem aufzeigen, welche Infrastrukturen resp. Topologien einen breiten Nutzen stiften und welche nur bei spezifischen Strukturen erforderlich sind.

Nebst der fahrplanstrukturellen Testplanung bot SMA bei weiteren Themen Unterstützung. Dazu gehörten Grundlagenarbeiten wie das Zusammenstellen und Angleichen der Planungsgrundlagen der beteiligten Infrastrukturbetreiber aus der Schweiz, Deutschland und Frankreich sowie umfangreiche Fahrzeitrechnungen für die verschiedenen Linienführungsvarianten. Vertiefend zu den Fahrplanstrukturen wurden auch die Erfordernisse aus der Produktion wie Stärken/Schwächen und Fahrten zu und von den Abstell- und Serviceanlagen berücksichtigt. Abschliessend erfolgte eine Untersuchung inkl. Fahrplanstrukturen von möglichen Realisierungsabfolgen bei der Umsetzung der umfangreichen Infrastrukturerweiterungen.

Die Untersuchungen haben unter anderem gezeigt, dass zur Bewältigung des künftigen Angebots eine Erweiterung des Bahnhofs Basel SBB um einen Tiefbahnhof mit einer unterirdischen Linienführung nach Basel St. Johann und Basel Badischer Bahnhof (Projekt «Herzstück») zu den besten Ergebnissen führt. Die gemachten Erkenntnisse werden nun im Rahmen der Vorstudie Kapazitätsausbau Knoten Basel insbesondere in baulicher Hinsicht weiter vertieft.



### **Kanton Neuchâtel: Vorstudie für eine Elektrobusverbindung zwischen Le Locle und Les Brenets**

Der Ersatz der Bahnlinie 224 Le Locle–Les Brenets und der Buslinie 385 in Les Brenets durch eine einzige Elektrobuslinie wurde vom Kanton Neuenburg und dem Bundesamt für Verkehr beschlossen, nachdem eine Studie die Beibehaltung einer Schmalspurlinie, den Anschluss der Linie an das Normalspurnetz und den Ersatz durch eine Elektrobuslinie verglichen hatte. In diesem Zusammenhang wurde eine Studie in Auftrag gegeben, die darauf abzielte, ein Angebotsszenario zu festzulegen. Verschiedene Szenarien wurden in Bezug auf die Streckenführung und die Haltestellenpolitik vorgeschlagen und anhand einer sozioökonomischen Bilanz unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten bewertet.

Drei Angebotskonzepte wurden vorgeschlagen, um unterschiedliche Strecken und Fahrplanverknüpfungen in Le Locle zu testen, immer unter Beachtung der Kohärenz von Bahn und Bus in Le Locle. Wir haben sie auf der Grundlage von Fahrzeitberechnungen entwickelt, um machbare Fahrpläne mit Anschluss in Le Locle vorzuschlagen. Der Ladezustand der Batterien wurde berechnet und bei der Umlaufplanung der Elektrobusse berücksichtigt. Für den Betrieb von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen liessen sich die notwendigen Ladestationen festlegen und abschliessend die Kosten für den Betrieb der Linie schätzen.



### **Kanton Jura: Unterstützung bei mittel- und langfristigen Entwicklungsprojekten**

Mittelfristig möchten der Kanton Jura und die Region Burgund - Franche-Comté das Projekt mit der Bezeichnung «Convergence 2026» umsetzen, welches das Angebot auf der im Dezember 2018 wiedereröffneten Linie Belfort–Delle ausbaut mit einem integralen Halbstundentakt von Belfort-Ville über Porrentruy nach Delémont. Nachdem der Rahmen abgesteckt war, erfolgte eine Festlegung der Ziele des Verkehrsangebots einschliesslich der Anschlüsse mit den Auftraggebern. Anschliessend wurde das Szenario Konvergenz 2026 Belfort–Delémont in mehreren Iterationen mit SBB Infrastruktur und SNCF Réseau geplant. Abschliessend erfolgte eine Bewertung des Szenarios aus Sicht der Angebotsqualität, der 24-Stunden-Fahrpläne, der Produktivität (Rollmaterialumläufe und Schätzung der Anzahl benötigter Lokführer) und der Robustheit.

Parallel dazu und in Vorbereitung der nächsten Ausbaustufe von STEP nach 2035 wollte der Kanton Jura die Nachfrage auf der Schiene für verschiedene Szenarien bis 2040 bewerten, um die Angebotsszenarien zu identifizieren, welche die Nutzung des Schienennetzes im Kanton maximieren. In Ergänzung zum Szenario «Konvergenz 2026» wurden die Projekte ArcExpress (schnelle, umsteigefreie Verbindung zwischen La Chaux-de-Fonds und Delémont mit kurzen Anschlüssen an die Direktzüge nach Basel) und zusätzliche Züge zwischen Porrentruy und Delémont getestet. Mittels Evaluation und Vergleich dieser Szenarien liess sich dasjenige identifizieren, das die Nachfrage maximiert und die wichtigsten Erwartungen an eine Verbesserung des Angebots innerhalb des Kantons und mit dem Ausland am besten erfüllt.







### **Matterhorn Gotthard Bahn: Kapazitätserweiterung Täsch–Zermatt** Im STEP

Ausbauschritt 2035 ist eine Verdichtung des Shuttle-Angebots Täsch–Zermatt auf einen 15-Minuten-Takt vorgesehen. Die in topografisch ausgesetztem Gelände verlaufende Bestandsstrecke soll dabei durch einen durchgehenden Tunnel ersetzt werden. SMA hat die Zweckmässigkeit und die betriebliche Machbarkeit detaillierter Infrastrukturvarianten der Gleisanlage inklusive der Bahnhofsbereiche vertieft untersucht. Hierbei war auch die Flexibilität und die Aufwärtskompatibilität für einen allfälligen weiteren Ausbau der Zugzahlen miteinzubeziehen.

Für die beiden Zeithorizonte 2035 und «langfristig» haben wir anhand der Angebotskonzepte sowie der Kapazitätsanalysen die grundsätzlichen Infrastrukturanforderungen aufgezeigt. Es wurden drei Infrastrukturvarianten für die Strecke Täsch–Zermatt definiert: ein einspuriger Tunnel mit einer Kreuzungsstelle, eine teilweise Doppelspur und eine durchgehende Doppelspur.

Da die grundsätzlich einspurige Strecke ab dem Knoten Visp einen wesentlichen Einfluss auf die Kapazität und Trassenstruktur zwischen Täsch und Zermatt hat, umfasste der Perimeter in dieser konzeptionellen Phase die ganze Talstrecke. Für den Horizont 2035 wurde mit der Viriato Robustheitsanalyse ergänzend eine Robustheitsprüfung im Perimeter vorgenommen. Zudem haben wir abgestimmte Entwicklungsschritte für Angebot und Infrastruktur bis zu einem langfristigen Horizont aufskizziert.

Ein wesentlicher Teil der Studie umfasste die mikroskopischen Betriebssimulationen mit OpenTrack für die drei Infrastrukturvarianten zwischen Täsch und Zermatt sowie für unterschiedliche Taktichten des Shuttles. Daraus gingen neben dem Nachweis der betrieblichen Stabilität auch die detaillierten Anforderungen an die Gleisanlagen wie die Länge der Kreuzungsstelle resp. der Doppelspur, die Ausgestaltung der Bahnhöfe Täsch und Zermatt, die Längen der Blockabschnitte und die Vorsignaldistanzen hervor. Die spezifizierten Infrastrukturelemente bilden nun die Grundlage für die nachgelagerten, bautechnischen Studien.



### **SBB AG: «Groupe de réflexion offre–horaire»** Die SBB möchte die Pünktlichkeit auf

ihrem Netz verbessern. Das Expertengremium «Groupe de réflexion offre–horaire» mit SBB-internen und -externen Mitgliedern unter Teilnahme von SMA entwickelte Ansätze für Massnahmen, welche dazu einen Beitrag leisten könnten. Das Gremium ging in dieser ersten Phase unvoreingenommen an diese Aufgabe heran und suchte das ganze Spektrum aus den Bereichen Angebot und Betrieb nach innovativen und unkonventionellen Ansätzen ab.

Drei Massnahmenbündel wurden in einer zweiten Phase zu Szenarien, je eines für einen kurz-, mittel- und langfristigen Horizont, zusammengefasst und hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Robustheit, aber auch auf die Angebotsqualität und die Flotte überprüft. Der Testperimeter umfasste das Dreieck Bern–Visp–Lausanne, in welchem Fernverkehrslinien in Anschlussknoten verknüpft und abschnittsweise mit dichtem S-Bahn- resp. Güterverkehr überlagert sind. Nach der Ausplanung der drei Massnahmenbündel in einem konfliktfreien



Fahrplankonzept, der Modellierung der Robustheitsparameter und der Definition von initialen Störungen in Form von lokalisierten Zugverspätungen erfolgte die Robustheitssimulation. Zur Anwendung kam hierbei das Viriato Robustheitstool, welches die Fortpflanzung der Verspätungen im untersuchten Netz über den Simulationszeitraum automatisiert ermittelt. Die Konflikterkennung überprüft hierbei auf Strecken und in Knoten die Einhaltung der vorgegebenen Zugfolgezeiten und Trennzeiten und passt, wenn nötig, die Fahrlagen kontinuierlich an. Berücksichtigt werden dabei auch der «Konsum» von Reserven und die Einhaltung der Randbedingungen wie Umlaufverknüpfungen und Anschlüsse.

Mit den Simulationsergebnissen konnte die Wirksamkeit der Pünktlichkeitsmassnahmen, z.B. in Form der Median-Zugverspätung, quantifiziert werden. Da Szenarien-bedingt auch Unterschiede bei der Angebotsqualität und dem Betriebsaufwand bestehen, ist eine Gesamtevaluation der Massnahmen und das Ableiten von Schlussfolgerungen nur mit der ebenso durchgeführten Quantifizierung auch dieser Auswirkungen aussagekräftig. Für alle drei Horizonte konnten damit Massnahmen für eine Vertiefung empfohlen werden.



**Bundesamt für Verkehr: Perspektive Bahn 2050, Verdoppelung Bahnanteil im Personenverkehr** Das Bundesamt für Verkehr erarbeitet die Perspektive Bahn 2050, die als Basis für den nächsten Ausbauschnitt STEP 2040/45 dienen soll. Als Grundlage dazu wurden Kernsätze formuliert, welche in separaten Studien auf ihre Wirkung untersucht wurden. Einer dieser Kernsätze lautet «Im Personenverkehr verdoppelt sich der Bahnanteil». SMA hat für diesen Kernsatz untersucht, wie hoch das Verlagerungspotenzial von der Strasse auf die Schiene mit alleinigen Massnahmen beim Bahnangebot ist, welche Angebotsmerkmale dazu in welchem Umfang verbessert werden müssten und welche Auswirkungen die Erfüllung des Kernsatzes auf das Bahnsystem hätte.

In einer ersten Phase wurde das theoretische Verlagerungspotenzial auf die Schiene untersucht. Das Potenzial war nach Verkehrssegmenten und nach den vom ÖV beeinflussbaren Angebotsmerkmalen, d.h. Angebotsdichte, Umsteigehäufigkeit und Reisezeit zu differenzieren. Basis für diese Betrachtungen waren die Daten des aktuellen nationalen Personenverkehrsmodells. Mit einem Logit-Ansatz liess sich die Änderung der Verkehrsmittelwahl der gesamten Verkehrsnachfrage (d.h. 50 Mio. Quelle-Ziel-Paare im Datensatz) bei sich ändernden ÖV-Widerständen ermitteln und so die nötige Verbesserung des ÖV-Angebots quantifizieren.

In der zweiten Phase wurden Fahrplankonzepte in Szenarien geplant, in welchen die für die Verlagerung nötigen Angebotsverbesserungen ganz oder teilweise umzusetzen waren. Die sehr weitreichenden Massnahmen bei Taktichte, Direktverbindungen und Reisezeitverkürzungen hätten grösseren Infrastrukturbedarf zur Folge. Ermittelt wurde zudem der zusätzliche Abgeltungsbedarf beim regionalen Personenverkehr. Die entsprechenden Kennwerte aus dem betrachteten Musternetz haben wir toolgestützt auf das gesamte Schweizer Bahnnetz projiziert.

Die Erkenntnisse aus der Studie bezüglich der Verlagerungswirkung und dem Aufwand für Angebotsverbesserungen dienen dem BAV der Konkretisierung von Stossrichtungen für die Perspektive Bahn 2050.



### **RegionAlps SA: Unterstützung bei der Ausschreibung der Buslinien im Zentralwallis**

Der Kanton Wallis hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Verkehr (BAV) im Sommer 2021 eine Ausschreibung veröffentlicht, um die Konzessionen für drei Buslinien im Zentralwallis für einen Zeitraum von zehn Jahren ab Dezember 2022 neu zu vergeben. Das Ziel des an SMA vergebenen Auftrags bestand darin, RegionAlps und seinen Partner bei der Beantwortung dieser Ausschreibung technisch zu unterstützen.

Diese Unterstützung umfasste zunächst eine Analyse der aktuellen Situation in Bezug auf den Betrieb der drei Linien sowie des Wettbewerbsumfelds in Bezug auf die lokal tätigen Busunternehmen oder diejenigen, die sich potenziell für diese Ausschreibung interessieren könnten.

Anschliessend durchlief die Unterstützung während der Ausschreibung eine intensive Phase, die sich auf die Begleitung bei der Steuerung und Vorbereitung der technischen Antwort, die Entwicklung und den Vergleich mehrerer Betriebsszenarien und die Bestimmung des für den Betrieb erforderlichen Stellenrahmens erstreckte. SMA erarbeitete Vorschläge zur Optimierung des Betriebs in Bezug auf den Busverkehr und die Lokalisierung der Busgarage. Eine Personalbemessung wurde durchgeführt, um die benötigten Teams und die Arbeitsweise zu präzisieren und darauf aufbauend die Betriebskosten zu bewerten. Abschliessend wurde die Unterstützung durch eine Analyse der Durchführbarkeit, der Robustheit des Fahrplans und der Erstellung von Szenarien für den Fall von Betriebsstörungen ergänzt.

## **CHILE**



### **Chilenische Eisenbahngesellschaft (EFE): Konzeption und Simulation des künftigen Vorortnetzes in Santiago de Chile**

Die chilenische Eisenbahngesellschaft (EFE) ist bestrebt, ihre Rolle im öffentlichen Verkehr in Santiago zu stärken, indem sie neue Vororts- und Regionalzüge (Batuco und Melipilla) in Betrieb nimmt und neue Infrastrukturen für die Zukunft plant. Dazu gehört u.a. der Tunnel Quinta Normal - Alameda, der die Voraussetzung für ein durchgehendes Vorortnetz schaffen würde. Um dem steigenden Verkehrsaufkommen zu begegnen, ist ausserdem ein neuer Masterplan für den Bahnhof Alameda vorgesehen.

SMA wurde mit einer Studie beauftragt, die EFE bei der Umsetzung zukünftiger Angebotskonzepte für zwei verschiedene Zeithorizonte (vor und nach der Eröffnung des Tunnels Quinta Normal–Alameda) zu unterstützen, mit dem Ziel, zukünftige Angebotskonzepte für eine vordefinierte Reihe von geplanten Infrastrukturen zu analysieren und zu validieren.

Die angewandte Methodik verwendet zwei aufeinander aufbauende Ansätze. Zuerst wurde ein makroskopischer Ansatz verwendet, um alternative Betriebsmodelle zu untersuchen, einen vorläufigen Fahrplan für einen typischen 24-Stunden-Wochentag aufzustellen, die sich daraus ergebenden Reisezeiten auf ausgewählten Quelle-Zielbeziehungen zu bewerten, die erforderliche Flottengrösse zu bestimmen und den Bedarf an Abstellkapazitäten im gesamten Netz zu ermitteln. Weiter gehörten zu diesem Arbeitsschritt die Definition des erforderlichen funktionalen Layouts für die Endbahnhöfe und den Alameda-Komplex und eine Analyse der Frachtkapazität in jedem Korridor des Stadtgebiets (Batuco–Melipilla–Paine). Mit einem mikroskopischen Ansatz wurden dann die ausgewählten Szenarien für beide Horizonte simuliert, um die Planungsannahmen zu validieren und die Robustheit der vorgeschlagenen Lösungen zu bewerten.

## TSCHECHISCHE REPUBLIK



### **Správa železnic – Czech Rail Infrastructure Manager / Mott MacDonald CZ:**

**Machbarkeitsstudie für den Bahnknoten Prag** SMA beteiligt sich zusammen mit vier anderen Unternehmen unter der Leitung von Mott MacDonald CZ an der Machbarkeitsstudie für den Eisenbahnknoten Prag. Weil sich Prag in den letzten Jahren zu einem grösseren Engpass im tschechischen Eisenbahnnetz entwickelt hat, werden in der Studie Möglichkeiten untersucht, wie die Kapazität des Knotens erheblich gesteigert und die Nachfrage in allen Verkehrssegmenten befriedigt werden kann. Unter Berücksichtigung mehrerer laufender und bereits geplanter Infrastrukturprojekte wie den neuen Hochgeschwindigkeitsverbindungen, die auf den Knoten zulaufen, oder der neuen Verbindung zwischen Stadt und Flughafen, wird ein langfristiges Zielkonzept für Angebot und Betrieb für die Metropolregion Prag entwickelt. Auf der Grundlage des optimierten Angebotskonzepts werden notwendige Infrastrukturmassnahmen identifiziert, allen voran ein City-Tunnel mit unterirdischen Bahnhöfen, die teilweise unter dem historischen Stadtzentrum liegen. Aufgrund des starken Wachstums im Personenverkehr wird ein besonderes Augenmerk auf den Prager Schienengüterverkehrsring gelegt, damit die Bedürfnisse des Güterverkehrs nicht eingeschränkt werden.

Während das Jahr 2021 der Definition des Basis-Szenarios gewidmet war, wird SMA im Jahr 2022 zehn Projektszenarien auf makroskopischer Planungsebene entwickeln, um die vorteilhafteste Lösung für die tschechische Hauptstadt zu ermitteln.

Die Beteiligung an dieser Studie gab SMA die Möglichkeit, in engen und häufigen Kontakt mit dem Infrastrukturbetreiber, den lokalen Verkehrsbehörden, den Eisenbahnverkehrsunternehmen und den Vertretern der Stadt Prag und der Region Mittelböhmen zu treten.

## DEUTSCHLAND



### **Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV): Beratungsleistungen zum Deutschlandtakt und zur fahrplanbasierten Schieneninfrastrukturentwicklung für die Bundesverkehrswegeplanung**

Im Sommer 2020 hat die Bundesregierung den Zielfahrplan für den Deutschlandtakt veröffentlicht. Um die Ergebnisse hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Tragfähigkeit zu beurteilen, ist der Zielfahrplan (3. Gutachterentwurf) nach der Methodik der Bundesverkehrswegeplanung von einem Gutachterkonsortium aus Intraplan Consult GmbH, TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH und SMA und Partner AG bewertet worden. Hierzu wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber ein Bezugsfall zur Bewertung des 3. Gutachterentwurfs erarbeitet. Parallel dazu erfolgte die Ermittlung der Kosten der bedarfsplanrelevanten Infrastrukturmassnahmen.

Das Bewertungsergebnis weist ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 1,4 auf. Die Realisierung der bedarfsplanrelevanten Infrastrukturmassnahmen des 3. Gutachterentwurfs ist damit unter den getroffenen Annahmen und den vorgegebenen Randbedingungen gesamtwirtschaftlich vorteilhaft. Als Folge dieser Bewertung rücken die für den Deutschlandtakt fahrplanbasiert abgeleiteten und im Gesamtplanfall enthaltenen Infrastrukturmassnahmen vom Potenziellen in den Vordringlichen Bedarf des Bedarfsplans Schiene auf.

Mit der positiven Bewertung finden die Gutachterleistungen im Zusammenhang mit dem Deutschlandtakt sowie zur fahrplanbasierten Infrastrukturentwicklung ihren vorläufigen Abschluss. Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Planungen und der Bewertung zum Deutschlandtakt werden als Grundlage für weitere Planungen verwendet. Das abgeleitete und nun positiv bewertete Infrastrukturset ist damit ein Kompass für die Weiterentwicklung des Schienennetzes in Deutschland.



**Landkreis Lörrach: Verkehrsstudie Kandertal** Das Kandertal ist eine Region im Nordwesten des Landkreises Lörrach und wirtschaftlich eng mit dem Agglomerationsraum Basel verbunden. Verkehrsbeziehungen bestehen insbesondere über Weil am Rhein ins Markgräflerland, über Lörrach ins Wiesental und nach Basel. Die Gemeinden im Kandertal haben gemeinsam mit den regionalen Partnern Landkreis Lörrach, Agglomeration Basel und Regionalverband Hochrhein-Bodensee das Raumkonzept 2040 entwickelt, welches die Entwicklungspotenziale des Kandertals, das auch als regionale Entwicklungsachse vorgesehen ist, aufzeigt und Ideen zu dessen Entwicklung skizziert.

In diesem Zuge soll auch der aktuell wenig attraktive, strassengebundene öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) reorganisiert werden. Dabei soll eine Reaktivierung der Kandertalbahn in den Überlegungen eine zentrale Rolle einnehmen.

In der Verkehrsstudie Kandertal entwickelte SMA einen Variantenfächer für den zukünftigen ÖPNV im Kandertal, woraus zwei Bestvarianten – eine ohne und eine mit Reaktivierung der Kandertalbahn – hervorgingen. Die beiden Varianten sind aufwärtskompatibel, sodass diejenige Variante ohne Reaktivierung als Vorstufe für eine allfällige Reaktivierung der Kandertalbahn dienen kann.

Die Ergebnisse der Verkehrsstudie Kandertal werden 2022 in der landesgeförderten «Machbarkeitsstudie Reaktivierung Kandertal» vertieft.



**Kompetenzcenter ITF NRW (KC ITF NRW) und Aufgabenträger in Nordrhein-Westfalen (NRW): Weiterentwicklung des integralen Taktfahrplans des Landes NRW**

Auch im Jahr 2021 hat SMA das KC ITF NRW sowie die drei Aufgabenträger in NRW (NWL, NVR und VRR) bei der Weiterentwicklung des integralen Taktfahrplans des Landes NRW begleitet.

Schwerpunkt der Arbeiten waren 2021 die Fertigstellung und Kommunikation der NRW-Zielnetze 2032 und 2040. Nach dem Vorbild des bundesweiten Deutschlandtaktes wurde das Konzept angebotsorientiert aufgesetzt und entwickelt. Der Deutschlandtakt fungiert dabei nicht nur als Vorbild, sondern wurde als Ausgangsbasis zur Erstellung der Zielnetzkonzeption herangezogen, um nicht nur eine landesweite, sondern darüber hinaus eine grenzüberschreitende Planung «aus einem Guss» zu ermöglichen. Aus diesem «idealen» Fahrplan haben wir in einem nächsten Schritt die dafür notwendigen Neu- und Ausbaumaßnahmen abgeleitet. Das Konzept liefert auch Antworten zur NRW-Verkehrswende und berücksichtigt daher Massnahmen zur Dekarbonisierung durch den Einsatz lokal emissionsfreier Fahrzeuge. Als nächster Untersuchungsbaustein haben wir mit den Planungen einer Zwischenstufe für den Zeitpunkt der Inbetriebnahme der RRX-Infrastruktur in NRW begonnen.

Für einzelne Korridore wurden Analysen zur Qualitätssteigerung durchgeführt und betriebliche sowie infrastrukturelle Massnahmen zur Verbesserung der Pünktlichkeit abgeleitet. Zudem fanden für einzelne Strecken Fahrplanintegrationsprüfungen potenziell neuer Stationen bzw. Haltepunkte statt.

Im Auftrag der Aufgabenträger in NRW hat SMA im Jahr 2021 verschiedene Studien zur betrieblichen Machbarkeit von Streckenreaktivierungen im SPNV erstellt (z.B. auf Strecken der Westfälischen Landes-Eisenbahn oder der Walsumbahn). Diese sind kompatibel zu den NRW-Zielnetzen und bilden die Grundlage für die anschliessend durchzuführenden Studien hinsichtlich technischer und wirtschaftlicher Machbarkeit.

Weitere Arbeiten für die jeweiligen Aufgabenträger bestanden in der Begleitung von Ausschreibungsverfahren. So haben wir konkrete Ausschreibungsfahrpläne erstellt und Umlaufplanungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der Arbeiten in NRW sind in Arbeitskreisen und Gremien vorgestellt und diskutiert worden. Ergänzt wurden die Arbeiten mit dem jährlichen Monitoring des Leistungsvolumens und der Fortschreibung der aktuellen Netzgrafik.

Die begleitenden Arbeiten werden auch im laufenden Jahr fortgeführt.







**Bayerisches Verkehrsministerium: Ausbauprogramm S-Bahn Nürnberg** Die Metropolregion Nürnberg ist neben der Metropolregion München der zweite grosse Verdichtungsraum im Bundesland Bayern mit einem S-Bahn-System. Die Lebens- und Arbeitsqualität im Grossraum Nürnberg ist zu grossen Teilen von der Qualität der Verkehrswege abhängig. Vor dem Hintergrund des politischen Ziels einer deutlichen Erhöhung der Fahrgäste im ÖPNV und einer Minimierung der verkehrlichen Umweltbelastungen und der Bodenversiegelung kommt dem Schienenverkehr und insbesondere der S-Bahn als Rückgrat des öffentlichen Verkehrs auch im Grossraum Nürnberg eine herausragende Rolle zu.

Das «Ausbauprogramm S-Bahn Nürnberg» beschreibt die Eckpunkte für die zukünftige Gestaltung des SPNV in der Metropolregion Nürnberg. Das Programm berücksichtigt derzeit 23 Massnahmen bzw. Massnahmenbündel, die sich bereits im Planungsstadium oder der in der Umsetzung befinden.

Im Hinblick auf die Programmkonkretisierung sind weitere 24 Einzelmassnahmen (Stand Ende 2021) in einer Machbarkeitsstudie für das «Ausbauprogramm S-Bahn Nürnberg» bezüglich ihrer verkehrlichen Wirkung zu beurteilen sowie auf ihre bautechnische und eisenbahnbetriebliche Machbarkeit hin zu untersuchen. Die Studie ist auf fünf Jahre angelegt und befasste sich im ersten Jahr schwerpunktmässig mit der Entwicklung von abgestimmten Bezugsfällen für die bereits in Planung und in Realisierung befindlichen Massnahmen. Zudem erfolgten erste Grundsatzabklärungen zur Ergänzung des Kernnetzes. Dazu gehören auch Überlegungen zur Nutzung des Güterrings für den SPNV.



**Hamburger Hochbahn: Betriebssimulation der Linie U3** Das Nachfragewachstum auf der Linie U3 erfordert eine Erhöhung der Kapazitäten. Zudem sind für die weitestgehend aus dem Gründungsjahr stammenden baulichen Anlagen Erneuerungen geplant. Mittels Betriebssimulationen soll aufgezeigt werden, wie gross die heutige Leistungsfähigkeit der U3 ist und wie diese für die zukünftigen Anforderungen gesteigert werden kann.

SMA hat von der Hochbahn den Auftrag erhalten, ein OpenTrack-Simulationsmodell für ihre U-Bahnlinie U3 zu erstellen. In einer ersten Phase hat SMA das Modell mit den Gleisanlagen, Fahrzeugen und betrieblichen Vorgaben aufgebaut und es auf Basis des heutigen Betriebs kalibriert. In den anschliessenden Simulationsläufen konnte die Leistungsfähigkeit der heutigen Anlage bestimmt werden. Weitere Szenarien mit dem Ziel einer Steigerung der Leistungsfähigkeit durch gezielte Anpassungen bei der Infrastruktur und den Sicherungsanlagen folgten. Die Betriebssimulationen erlaubten dabei, die Veränderung bei der Leistungsfähigkeit exakt zu bestimmen.

In einer weiteren Phase sind mit diesem Modell Studien über die Leistungsfähigkeit der Wendeanlagen durchgeführt worden und Simulationen zum Umgang mit verschiedenen Bauzuständen sind geplant.

Die Arbeiten werden 2022 fortgesetzt.





**DB Netz AG: Mittelfristiges Konzept für eine optimierte Kapazitätsnutzung** Die Kapazität auf den Schienenwegen von DB Netz ist ein knappes Gut. Um diese knappe Kapazität gut managen zu können, sind neue Ansätze erforderlich. Dabei soll der Fokus zukünftig verstärkt auf einer gesamthafter Optimierung liegen. Aus diesem Grund strebt die DB Netz AG eine Neuorientierung der Kapazitätsplanung auf Basis vorstrukturierter Fahrpläne und Angebotskonzepte an.

Ein Element dieser Neuorientierung ist die Erstellung eines mittelfristigen Konzepts für eine optimierte Kapazitätsnutzung (mKoK) für das Fahrplanjahr 2024. Aufgabe der unterstützenden Arbeiten von SMA war es, gemeinsam mit der DB Netz AG ein Konzept zu entwickeln, das vom Markt gewünschte Mehrleistungen im Schienengüter- und Schienenpersonenverkehr in das bestehende Angebot auf der 2024 verfügbaren Infrastruktur einplant. Ziel dieser Arbeiten ist es, dort wo möglich die Angebote der Verkehrsarten ausbalanciert wachsen zu lassen, die Betriebsqualität perspektivisch zu erhalten und die Angebotsqualität hinsichtlich der Anschlüsse, der Mengengerüste und der Reisezeiten nicht zu verschlechtern. Grundlage der zu integrierenden Mengengerüste war eine branchenweite Kundenabfrage bei den Zugangsberechtigten, die SMA analysiert und hinsichtlich der umzusetzenden Relevanz gefiltert hat. Die Kundenabfrage hat gezeigt, dass insbesondere im Bereich der Kapazitäten für den SPFV ein hoher Wunsch nach Mehrleistungen besteht.

Die Arbeiten erfolgten in enger Zusammenarbeit mit den Planern der DB Netz AG. Dabei kam zum ersten Mal die von SMA entwickelte Software-Architektur «Microscopy on Demand» (MoD) zum Einsatz. Damit können aus Viriato mikroskopische Services wie die Fahrzeitrechnung oder die Konflikterkennung aufgerufen werden, um die Fahrbarkeit der Konzepte mikroskopisch zu überprüfen.

Die Ergebnisse sind, analog dem Vorgehen bei der Ausplanung des Deutschlandtaktes, unter hoher Transparenz dem Markt vorgestellt worden. Das mKoK ist Ende März 2022 fertiggestellt worden und bildet die Basis für das Anmeldeprozedere von Rahmenverträgen für den Fahrplan 2024.



**DB Fernverkehr AG: Simulation von Layout-Varianten für ein neues ICE-Werk von DB Fernverkehr im Raum Nürnberg** DB Fernverkehr AG plant ein neues, betriebsnahes ICE-Werk im Raum Nürnberg. Damit dieses neue Werk optimal den heutigen und zukünftigen Bedürfnissen entspricht, hat uns DB Fernverkehr AG beauftragt, ein Werk-Layout zu entwickeln. Dabei sind neben den Instandhaltungsarbeiten auch sämtliche Reinigungstätigkeiten und Abststellungen der Fahrzeuge zu berücksichtigen.

In einem weiteren Arbeitsschritt erfolgte ein Vergleich des entwickelten Werk-Layouts mit den bisherigen Planungen und mit alternativen Vorschlägen anderer Experten. Für mehrere dieser Vorschläge folgte darauf eine Simulation mittels des von SMA entwickelten Leistungsfähigkeitsmodells für Abstell- und Instandhaltungsanlagen. Die Ergebnisse dieser Simulationen zeigen die betrieblichen Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Vorschläge auf und stellen ein wichtiges Kriterium für die Wahl des geeigneten Werk-Layouts dar.

## FRANKREICH



### **SNCF Réseau: Unterstützung bei der Erstellung der strategischen Fahrpläne**

**2025–2030** SMA unterstützte SNCF Réseau bei der Erstellung des strategischen Referenz- und Projektfahrplans für die Zeithorizonte 2025 und 2030 in Viriato für die nationalen Züge in ganz Frankreich und für die regionalen Züge im Gebiet Nord-Est-Normandie. SMA hat die zuvor in diesen Regionen durchgeführten Studien in einer einzigen Viriato-Datenbank zusammengeführt und neue strategische Fahrpläne erstellt, welche die von SNCF Réseau ermittelten Entwicklungen des Bedarfs integrieren, insbesondere nach der Inbetriebnahme neuer Eisenbahninfrastrukturen und dem Markteintritt neuer Betreiber.

SMA erstellte mit Viriato alle strategischen Fahrpläne, die als einheitliche Referenz für zukünftige Fahrplanprojekte dienen sollen. Das Resultat in Form von systematischen 2-Stunden- und 24-Stunden-Fahrplänen dienen den Plattformen Services und Infrastruktur sowie anderen Einheiten von SNCF Réseau bei der Festlegung des Infrastrukturbedarfs und der Ermittlung der Engpässe für die Entwicklung des Schienenverkehrs als Orientierungshilfe.

Diese Studien tragen ausserdem zur Festlegung eines strategischen Entwicklungspaths für den Fahrplan bei, der es dem Infrastrukturbetreiber ermöglicht, die notwendigen Entscheidungen im Bereich des Anlagenmanagements zu treffen. SMA sorgte ausserdem für eine übergeordnete Kohärenz der Arbeiten von Auftragnehmern, welche die Planungen für die anderen territorialen Perimeter durchführten.



### **SNCF Réseau: Kapazitätsstudie und Betrieb der neuen Eisenbahnlinie zur Anbindung des EuroAirports Mulhouse–Basel**

SNCF Réseau hat SMA beauftragt, die Kapazitäts- und Betriebsstudien für das Projekt der neuen Eisenbahnlinie (Nouvelle Ligne Ferroviaire, NFL) des EuroAirports (EAP) Mulhouse–Basel auf der Ebene des detaillierten Vorprojekts fortzusetzen. Diese Studienphase hat insbesondere zum Ziel, das Bauprogramm festzulegen, die Studien auf ein detailliertes «Vorprojekt»-Niveau zu bringen, die Bauphasen zu definieren, die Kosten zu verfeinern, die Kompatibilität mit den Schnittstellenprojekten in Frankreich, der Schweiz und Deutschland zu gewährleisten und die künftigen Betriebsmodalitäten zu definieren und zu integrieren.

Die Studie begann mit einem Rückblick auf die im Rahmen des Vorprojekts durchgeführten Studien und mit einem Austausch aller Entwicklungen in Bezug auf die Hypothesen zu Angebot, Fahrplan, Rollmaterial und Betrieb mit den betroffenen Behörden, Infrastrukturbetreibern und Eisenbahnunternehmen. Diese Elemente wurden im Rahmen der zweisprachigen Arbeitsgruppe Angebot diskutiert.

SMA erarbeitete daraufhin Vorschläge für ein Angebots- und Betriebskonzept für den Zeithorizont 2035 und für den Zeithorizont der Inbetriebnahme des Projekts. Wir führten zahlreiche Tests und Iterationen in Bezug auf die von den Partnern der Studie gestellten Fragen durch. Ebenso berücksichtigten wir auch die parallel durchgeführten Robustheitsanalysen mit Hilfe des OpenTrack-Tools, um sicherzustellen, dass die vorgeschlagenen Szenarien die Robustheitsziele erfüllen.

Als Folge dieser Arbeit konnte der internationale Eisenbahninfrastrukturplan für die weiteren Studien freigegeben werden.



**Französisches Verkehrsministerium: Untersuchung neuer Linien für Züge des territorialen Ausgleichs** Das richtungsweisende Gesetz zur Mobilität (loi d'orientation des mobilités LOM) vom Dezember 2019 verlangte von der französischen Regierung die Vorlage eines Berichts zuhanden des Parlaments bezüglich der Angebotsentwicklung von Zügen des territorialen Ausgleichs (trains d'équilibre du territoire, TET). Die entsprechende Studie identifizierte mehrere Korridore für den Tag- und den Nachtverkehr, für die ergänzende Analysen unter einer mehr betrieblichen Sicht in die Wege geleitet wurden. Nach dem Beitrag von SMA zu diesem Bericht haben wir das Ministerium bei verschiedenen weiteren Fragen und Thematiken in Bezug auf diese Linien unterstützt.

Für die Nachtzüge wurden die Studien zum Betrieb und zur Wirtschaftlichkeit vertieft zwecks Konsolidierung des vorgeschlagenen ökonomischen Modells für die Entwicklung eines neuen Netzes von Linien, ebenso in Bezug auf seine technische und vertragliche Organisation.

Beim Tagesangebot hat SMA das Ministerium beim Austausch mit dem gegenwärtigen Betreiber SNCF Voyageurs und SNCF Réseau für die kurzfristige Einführung einer neuen Linie zwischen dem Grand Est und dem Süden von Frankreich unterstützt. Diese Begleitung umfasste auch den Austausch mit den verschiedenen Behörden der von dieser neuen Linie betroffenen Regionen, aber auch eine Konsolidierung der Erweiterungsprojekte eines Liniennetzes zwischen dem Norden und Westen von Frankreich unter dem Aspekt eines koordinierten Angebots mit der regionalen Bedienung.



**SNCF TER: Untersuchung der Betriebsbedingungen des Komplexes Toulouse Matabiau** SNCF TER Occitanie hat das Angebot auf dem Gebiet der Region in den letzten Jahren ausgebaut, um den Forderungen des regionalen Aufgabenträgers gerecht zu werden und die Attraktivität der Eisenbahn für Reisen im Grossraum Toulouse zu steigern. Da parallel dazu auch die anderen Verkehre auf der Schiene zunahmen und SNCF Réseau die Betriebsvorschriften für den Eisenbahnknoten Toulouse weiterentwickelte, erschwerte dies die Organisation der Produktion von TER Occitanie, deren Hauptstandort für die Wartung des Rollmaterials in der Nähe des Bahnhofs Matabiau liegt. TER Occitanie beauftragte SMA mit einer Analyse dieses Betriebs, um die Zusammenarbeit mit SNCF Réseau bei der Suche nach den Bedingungen zu erleichtern, unter denen die Produktion sichergestellt und gleichzeitig die Robustheit des Verkehrs im Eisenbahnknoten gewährleistet werden kann.

Im Rahmen der Studie wurden mehrere Betriebsszenarien entwickelt und ihre Auswirkungen auf die Gleisbelegung im Bahnhof und auf die von den erforderlichen Zu- und Wegstrecken genutzte Kapazität analysiert. Eine mikroskopische Modellierung des gesamten Eisenbahnkomplexes ermöglichte anschliessend eine feine, quantitative Analyse der Auswirkungen auf die Robustheit des Betriebs während der Spitzenzeiten und lieferte detaillierte Elemente für den Austausch mit dem Infrastrukturbetreiber SNCF Réseau.



### **SNCF Réseau: Benchmark der Planungsansätze für Angebot und Infrastruktur**

Gemäss den Empfehlungen des Conseil d'Orientation des Infrastructures (Orientierungsrat für Infrastrukturen) richten der Staat und SNCF Réseau Plattformen für Angebot und Infrastruktur ein, um gemeinsam mit den Akteuren (EVU, Organisationsbehörden, Gebietskörperschaften) eine Vision des Angebots und des Schienennetzes für einen Zeithorizont von 5 bis 10 Jahren zu erarbeiten. Ziel ist es, die zu erbringenden Angebote und die dafür notwendigen Investitionen zu definieren, um anschliessend die Finanzierung vertraglich festzulegen.

Da andere europäische Länder ähnliche Planungsverfahren eingeführt haben, sollte die Studie eine vergleichende Analyse der dort unternommenen Schritte zur Planung von Angebot und Infrastruktur liefern, um daraus Vorschläge für die Funktionsweise und die Koordinierung der französischen Plattformen abzuleiten.

Nach einer Phase der Klärung des Rahmens und einer Bestandsaufnahme des französischen Ansatzes umfasste die Studie einen Benchmark der Ansätze in vier Ländern – Schweiz, Deutschland, Niederlande und Belgien – auf der Grundlage eines gemeinsamen Fragebogens, woraus eine Zusammenfassung und Empfehlungen entstanden.

Die Studie ergab, dass der französische Ansatz in Bezug auf Ziele, Methoden und Ergebnisse mit den analysierten Ansätzen übereinstimmte. Die schweizerischen und niederländischen Ansätze zeichnen sich dadurch aus, dass sie über einen gesetzlichen Rahmen verfügen, der seinen Fortbestand und seine Finanzierung sicherstellt. Der französische Ansatz zeichnet sich durch einen 24-Stunden-Fahrplan mit einem Zeithorizont von fünf Jahren aus.



**SNCF Réseau: Betriebsstudie für die SEM-Strecke St-Mariens–Langon** SMA führte im Auftrag der Regionaldirektion Nouvelle-Aquitaine von SNCF Réseau eine Studie durch, um die Vereinbarkeit des Projekts AFSB (Aménagements Ferroviaires Sud de Bordeaux) mit der Entwicklung eines Angebots für den Service Express Métropolitain (SEM) auf dem Eisenbahnstern von Bordeaux zu überprüfen.

Die Studie umfasste die Erstellung mehrerer Vorschläge für systematische Fahrpläne für den Service Express Métropolitain im Bahnknoten Bordeaux (mit Zeithorizont der Realisierung des AFSB-Projekts, jedoch noch vor der Realisierung der LGV GPO nach Toulouse) für die beiden zu untersuchenden, funktionalen AFSB-Szenarien sowie im Hinblick auf eine Angebotsverstärkung zwischen St-André-de-Cubzac und Beautiran in Spitzenzeiten. Die Studie prüfte die Bedingungen für die Machbarkeit eines solchen Angebots und zeigte die für die Umsetzung des angestrebten Zielfahrplans erforderlichen Infrastrukturmassnahmen auf.

Die Studie hat die Risiken aufgezeigt, die mit der Einführung eines 15-Minuten-Taktes auf der Verbindung St-André-de-Cubzac–Beautiran unter den Voraussetzungen der Infrastruktur verbunden sind, insbesondere im Bahnhof Bordeaux, der eine hohe Anzahl von Zug- und Rangierfahrten im Vorbahnhof aufweist. Die im Rahmen des AFSB-Projekts geplanten

Ausbauten reichen nicht aus, um alle Zugfahrten ohne Anpassungen des Zielfahrplans durchzuführen. Für den Betrieb eines verdichteten SEM sind zusätzlich zu den Streckeninvestitionen auch Infrastrukturänderungen im Bereich des Bahnhofs Bordeaux erforderlich.

## UNGARN



### **Főmterv: Machbarkeitsstudie für den Budapester Donau-Eisenbahntunnel**

Das Budapester Eisenbahnsystem unterliegt derzeit einem umfassenden Entwicklungsprogramm, das Aspekte der Stadtentwicklung, des Verkehrs, der Eisenbahntechnologie und des Umweltschutzes abdeckt. Ziel ist es, die Netzfunktion der Ost-West-Eisenbahn zu erweitern, die Funktion stillgelegter Bereiche entlang der Hauptbahnhöfe für städtebauliche Zwecke zu nutzen, neue Bahnhöfe zu entwickeln, die städtischen Verbindungen zu verbessern, ein umfassendes, neues Fahrplankonzept zu erstellen und ein Betriebskonzept für Standorte von Werkstätten und Abstellanlagen zu erstellen. Der Bau eines Tunnels unter der Donau zur Verbindung des Bahnhofs Budapest-Nyugati mit Kelenföld (unter Aufgabe des bestehenden Bahnhofs Budapest-Déli) ist das Kernstück dieser Umgestaltung.

SMA wurde von der ungarischen Ingenieurgesellschaft Főmterv als Leiter des Konsortiums zur Mitarbeit an dem von der Agentur für die Entwicklung von Budapest (BFK) unterstützten Projekt zur Entwicklung des Budapester Eisenbahnnetzes beigezogen. SMA hat die Machbarkeitsstudie mit einem strategischen Planungsansatz unterstützt, der Alternativen für Angebotskonzepte identifiziert, systematische Fahrpläne implementiert, die Anforderungen an die Infrastruktur (Layout und Leistungsfähigkeit) identifiziert, die resultierende Reisezeit auf ausgewählten Quelle-Ziel-Beziehungen bewertet, die Robustheit der vorgeschlagenen Lösung analysiert und die Kapazität für den Güterverkehr ermittelt. Für die gewählte Lösung wurden anhand des Angebotskonzepts eines typischen 24-Stunden-Wochentags die Produktions-KPIs ermittelt, der Pool der erforderlichen Fahrzeuge dimensioniert und der Bedarf an Abstell- und Wartungseinrichtungen bestimmt.

## LUXEMBURG



### **Luxemburgisches Verkehrsministerium: Studien zur Entwicklung der internationalen Eisenbahnverbindungen**

Das luxemburgische Ministerium für Mobilität und öffentliche Arbeiten (MMTP) erstellt den Nationalen Mobilitätsplan 2035 (PNM2035), der eine Vision der Mobilität im Großherzogtum Luxemburg für einen Zeithorizont von etwa 15 Jahren aufzeigen soll. Dieser PNM2035 umfasst auch die internationalen Tages- und Nachtverbindungen.

Das Ministerium beauftragte SMA mit einer Studie, die einen Überblick über die Entwicklungsmöglichkeiten der internationalen Tages- und Nachtverbindungen der Eisenbahn von und nach Luxemburg unter Berücksichtigung der Entwicklungen in den verschiedenen europäischen Ländern geben soll.

Die Studie begann mit einer Analyse der Angebotsqualität der Tages- und Nachtverbindungen für den Referenzfall (aktuell 2021 und die verschiedenen Planungen der umliegenden Länder für 2025, 2030 oder darüber hinaus) und der Konkurrenz durch andere Verkehrsträger (hauptsächlich Flugzeug und PKW). Anschliessend haben wir Verbesserungen durch Änderungen des Referenzangebots in den aktuellen Planungen oder durch neue Verbindungen, vor allem nach Deutschland und Frankreich, vorgeschlagen. Schliesslich wurden für die ausgewählten Strecken der Prozess und die Schritte zur Umsetzung der vorgeschlagenen Angebote festgelegt, wobei auch die betrieblichen Bedingungen bezüglich Rollmaterial präzisiert wurden.

## NIEDERLANDE



### **Provinz Overijssel: Ausbau der Bahnverbindungen zwischen Zwolle und Münster**

Die deutsch-niederländische Region Twente-Münsterland (vertreten durch die Provinz Overijssel, den Zweckverband Nahverkehr Westfalen-Lippe (NWL) und die Euregio) strebt ein einziges, grenzloses Gebiet mit nahtlosen öffentlichen Verkehrsverbindungen an. Seit der Wiedereröffnung der Bahnverbindung zwischen Enschede und Gronau ist die internationale Nachfrage deutlich gestiegen. Um die Bahnverbindungen in der Region weiter zu verbessern, sollen verschiedene Verbesserungen des Bahnangebots, wie z.B. eine direkte Zugverbindung zwischen den beiden regionalen Hauptstädten Zwolle und Münster, geprüft und in die langfristige nationale Planung Deutschlandtakt in Deutschland und Toekomstbeeld OV in den Niederlanden integriert werden. Ziel ist es, die internationalen Verbindungen parallel zu den Entwicklungen auf nationaler Ebene auf beiden Seiten der Grenze zu entwickeln und damit die politische Grenze im öffentlichen Verkehrssystem zu «beseitigen».

Zusammen mit Partnern haben wir verschiedene Zielrichtungen bewertet. In der Studie wurden zunächst verschiedene Stufen entwickelt, die unterschiedliche, mögliche Angebotskonzepte darstellen. In einer fahrplanbasierten Studie liessen sich daraus die erforderlichen Investitionen in die Schieneninfrastruktur und die Betriebskosten ermitteln, die anschliessend im Hinblick auf den potenziellen Nachfragezuwachs bewertet wurden. Auch erfolgte eine Bewertung der technischen Durchführbarkeit der Bauarbeiten ebenso wie eine Evaluierung möglicher grenzüberschreitender Ticketing-Lösungen.

Die Studie ermöglichte die Ermittlung der Abhängigkeiten zwischen regionalen, nationalen und internationalen Angebotsentwicklungen. In der Tat sind nicht alle Entwicklungsstufen immer kompatibel, und es müssen Entscheidungen getroffen werden. Einige «Quick-Wins» ermöglichen eine erhebliche Steigerung der grenzüberschreitenden Nachfrage ohne hohe Investitionen, während andere Kombinationen nur langfristig möglich sind. Auf diese Weise konnte ein internationaler Fahrplan für die Entwicklung des Schienenverkehrs skizziert werden, der sowohl kurzfristige Massnahmen als auch mittel- und langfristige Entwicklungsziele enthält, die mit der möglichen Entwicklung auf nationaler Ebene abgeglichen werden müssen.

## PORTUGAL



### **Infraestruturas de Portugal (IP): Masterplan für den Betrieb des portugiesischen Eisenbahnnetzes**

Nach einer Vorstudie mit dem Titel «Strategie für die Entwicklung des nationalen Eisenbahnnetzes» wollte die Abteilung für strategische Planung von Infraestruturas de Portugal (IP) einen integrierten Planungsprozess für den Eisenbahnbetrieb und die entsprechenden Infrastrukturanlagen einleiten. In der Vorstudie hat SMA künftige Serviceziele untersucht und landesweit zu entwickelnde Szenarien mit besonderem Augenmerk auf die Ballungsräume Lissabon und Porto sowie die Nord-/Südatlantik-Achse identifiziert. In den nächsten zehn Jahren sollen der Hochgeschwindigkeitskorridor zwischen der nordspanischen Grenze, Porto und Lissabon gebaut und mehrere Strecken modernisiert werden. In der jetzt folgenden Studie wird SMA die Strategie für die Entwicklung einer integrierten und fahrplanabhängigen Planung des Eisenbahnbetriebs und der entsprechenden Infrastrukturen entwickeln. Dabei berücksichtigt die Studie die Bedürfnisse und Herausforderungen des kommenden Jahrzehnts und zwar auf der Grundlage der im nationalen Investitionsprogramm 2030 empfohlenen Massnahmen. Die bereits vorgesehenen Investitionen wurden in eine umfassende Vision aufgenommen und zusätzliche Infrastrukturmassnahmen ermittelt, um die Angebotsziele zu erreichen. Der Ansatz der Fahrplanplanung wurde auf das Zielkonzept (Ziel des Masterplans) und auf Zwischenphasen angewandt, um so den Weg in die Zukunft zu ebnen.







# Kommunikation

Das Jahr 2021 musste aufgrund der Corona-Pandemie noch immer ohne grosse Veranstaltungen auskommen. Nichtsdestotrotz konnten viele Vorträge und Vorlesungen gehalten werden. Einige davon vor Ort, der Grossteil aber weiterhin als Online-Veranstaltung.

Besuchen Sie uns auf LinkedIn:



## Publikationen und Vorträge

ETR – Eisenbahntechnische Rundschau Mai 2021	<b>Machbarkeitsstudie Bahnausbau Region München</b> Georges Rey
Schweizer Eisenbahn-Revue Eisenbahn-Revue International Dezember 2021	<b>Leistungsfähigkeitsuntersuchungen von Bahnhof-, Abstell- und Instandhaltungsanlagen</b> Lukas Regli
École des Ponts ParisTech Paris, France Februar -Mai 2021	<b>Exploitation des transports ferroviaires et guidés</b> Henri Saisset, Clément Haller, Pascal Joris
NJS Forum for Nordic Railway Association Kopenhagen, Dänemark April 2021	<b>Deutschlandtakt and TEE 2.0 (online)</b> Frederik Ropelius
École Polytechnique Fédérale de Lausanne Schweiz April 2021	<b>Timetable Saturation in Practice with OR Methods, Lecture in Decision-aid methodologies in transportation at Transport and Mobility Laboratory (transp-or) (online)</b> Matthias Hellwig
Transport Statistics Users Group Vereinigtes Königreich September 2021	<b>Deutschlandtakt – also a model for the UK? (online)</b> Frederik Ropelius
Budapest Fejlesztési Központ (BFK) Railway under the Danube conference Budapest, Ungarn Oktober 2021	<b>Detailed Feasibility Study (DFS), Danube Tunnel Railway Investment: Timetable planning approach</b> Diego D'Elia
INNORAIL 2021 Budapest, Ungarn November 2021	<b>Danube Tunnel – Timetable-driven capacity and infrastructure planning</b> Diego D'Elia

# Kennzahlen

Obwohl das Jahr 2021 nicht weniger von den operativen Belastungen der Pandemie verschont blieb als das vorherige Jahr, verzeichnete der Bruttoumsatz 2021 von SMA erneut ein hervorragendes Wachstum im Vergleich zum Vorjahr.

Unsere Consulting Division konnte eine gesunde und nachhaltige Konsolidierung des Wachstums in den traditionellen Märkten und Geschäftsfeldern bestätigen.

Eine substantielle geografische Diversifizierung unterstreicht jedoch den Trend, dass sich die institutionellen Akteure des Bahnsystems auf internationaler Ebene für unser Dienstleistungsportfolio interessieren.

In unserem Geschäftsbereich Software wurden die in den letzten Jahren getätigten Investitionen in Forschung und Entwicklung durch ein deutliches Wachstum unserer Verkäufe von Viriato-Lizenzen, sowohl im Standard- als auch im Enterprise-Format, unterstrichen. Das Servicegeschäft (Wartung und Projekte) wickelte sich weiterhin überwiegend mit unseren Hauptkunden ab.

Kennzahlen*	2021	2020
Umsatz brutto (Mio. CHF)	16,1	14,2
Mitarbeitende (Vollzeitstellen)	70	67

\*inkl. Tochtergesellschaften

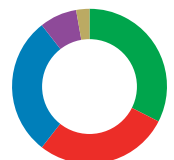
## Umsatz nach Ländern

- Deutschland
- Schweiz
- Frankreich
- Belgien
- Diverse



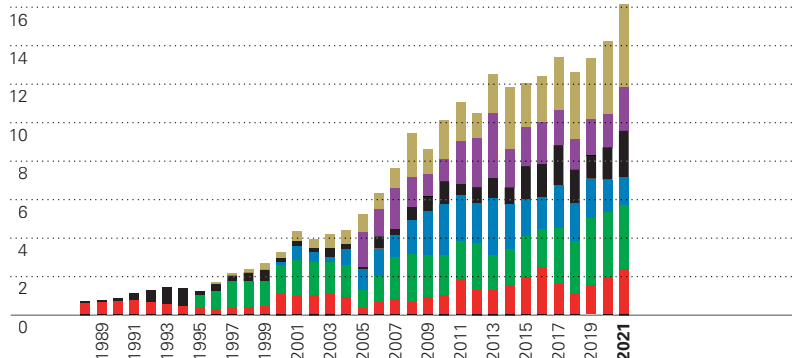
## Umsatz nach Auftraggebern

- Verkehrsunternehmen
- Infrastrukturbetreiber
- Behörden
- Integrierte Gesellschaften
- Diverse



## Umsatzentwicklung 1988–2021 (Mio. CHF)

- Software**
  - Viriato und ZLR
  - Software-Dienstleistungen
- Consulting**
  - Diverse
  - Frankreich
  - Deutschland
  - Schweiz



**Text und Redaktion**

SMA und Partner AG, Zürich

**Visuelles Konzept**

Eggmann-Design, Grüningen

**Druck**

Linkgroup, Zürich

**Bildernachweis****Umschlag**

Pixabay.com

**Seite 7**

Oben: Martin Fleckenstein

Unten: Pixabay.com

**Seite 13**

Pixabay.com

**Seite 23**

Pixabay.com

**Seite 31**

Oben: Georg Türk, georg-tuerk.de

Unten: Pixabay.com

**Seite 39**

Oben: Martin Linggi, foto.linggi.org

Unten: Pixabay.com

**Seite 49**

Oben: Hans-Gerd Hacker

Unten: Pixabay.com

© SMA und Partner AG | Juni 2022



**Hauptsitz**

SMA und Partner AG  
Gubelstrasse 28  
8050 Zürich, Schweiz

**Niederlassung**

SMA et associés SA  
Avenue de la Gare 1  
1003 Lausanne, Schweiz

**Tochtergesellschaften**

SMA (Deutschland) GmbH  
Hamburger Allee 14  
60486 Frankfurt, Deutschland

SMA (France) SAS  
45/47 Rue d'Hauteville  
75010 Paris, Frankreich

[info@sma-partner.com](mailto:info@sma-partner.com)  
[www.sma-partner.com](http://www.sma-partner.com)